

SdT



**BEST AVAILABLE COPY**

①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ Übersetzung der  
**europäischen Patentschrift**

⑧7 EP 0 555 432 B1

⑩ **DE 692 05 413 T 2**

⑤1 Int. Cl.<sup>6</sup>:  
**H 02 M 3/158**  
H 02 M 5/297  
H 02 M 7/48

②1	Deutsches Aktenzeichen:	692 05 413.8
⑧6	PCT-Aktenzeichen:	PCT/FR92/00652
⑧6	Europäisches Aktenzeichen:	92 916 336.8
⑧7	PCT-Veröffentlichungs-Nr.:	WO 93/02501
⑧6	PCT-Anmeldetag:	8. 7. 92
⑧7	Veröffentlichungstag der PCT-Anmeldung:	4. 2. 93
⑧7	Erstveröffentlichung durch das EPA:	18. 8. 93
⑧7	Veröffentlichungstag der Patenterteilung beim EPA:	11. 10. 95
④7	Veröffentlichungstag im Patentblatt:	13. 6. 96

DE 692 05 413 T 2

③0 Unionspriorität: ③2 ③3 ③1  
25.07.91 FR 9109582

⑦3 Patentinhaber:  
Centre National de la Recherche Scientifique  
(C.N.R.S.), Paris, FR

⑦4 Vertreter:  
Weitzel, W., Dipl.-Ing. Dr.-Ing., Pat.-Anw., 89522  
Heidenheim

⑧4 Benannte Vertragstaaten:  
AT, CH, DE, ES, FR, GB, IT, LI, NL, SE

⑦2 Erfinder:  
MEYNARD, Thierry, F-31400 Toulouse, FR; FOCH,  
Henri, F-31200 Toulouse, FR

⑤4 ELEKTRONISCHE VORRICHTUNG ZUR ELEKTRISCHEN ENERGIEUMWANDLUNG.

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patentamt inhaltlich nicht geprüft.

DE 692 05 413 T 2

Die Erfindung betrifft eine elektronische Vorrichtung zum Umformen von elektrischer Energie zwischen einer Spannungsquelle und einer Stromquelle, wobei diese Vorrichtung -n- steuerbare Schaltzellen umfasst, von denen  
5 jede aus zwei komplementärerweise arbeitenden Schalter besteht, während  $n \geq 2$ .

Den in den "Techniques de l'Ingénieur, Vol. Electronique, Seiten D3-150 ff." angegebenen Definitionen gemäss versteht man unter "Spannungsquelle" einen elektrischen Dipol  
10 (Generator oder Empfänger), dessen Spannung keiner Unterbrechung aufgrund des ausser dieses Dipols angeordneten Kreises unterzogen ist (Beispiele : Akkumulatorenbatterien, Wechselspannungsverteilungsnetz, hohenwertiger Kondensator...); unter "Stromquelle" versteht  
15 man einen elektrischen Dipol (Empfänger oder Generator), durch den ein Strom fliesst, der keiner Unterbrechung aufgrund des ausser dieses Dipols angeordneten Kreises unterzogen ist (Beispiele : induktive Last, Spule, Gleichstrommaschine...).

Üblicherweise bestehen die statische Umformungsvorrichtungen aus Zusammensetzungen von  
20 Schaltzellen, von denen jede von zwei komplementären Funktionen aufweisenden Schalter ausgebildet ist, wobei der eine Strom führt wenn der andere gesperrt ist ; jede Zelle weist eine verbundene Steuerlogikschaltung auf, die die  
25 Komplementarität gewährleistet und die Energieauswechselungen in Abhängigkeit von der Benutzung leitet.

Eine Abwandlung dieser Umformungsvorrichtungen, die "Dreipegeleinwechselrichter" benannt ist, ist seit 1981 im  
30 Hochspannungsbereich bekannt und benutzt (Literaturstellen : "Ch. Bächle et al, Requirements on the control of a three level four quadrant power converter in a traction application, Proceeding E.P.E. Aachen 1989, S. 577-582" ; B. Velaerts et al, New developments of 3-level PWM strategies, Proceeding

E.P.E. Aachen 1989, S.411-416"). Solche Vorrichtungen bestehen aus Modüle von vier Schalter und diese sind zwischengeschaltet, um zwei Reihen zu bilden und nicht mehr in Komplementarität arbeiten ; zwei Dioden sind mit einem  
 5 kapazitiven Mittelpunkt verbunden, der mit der vier Spannungsquellen verknüpft ist, um den Wert der von jedem der Schaltern unterzogenen Spannungen auf die Halbspannung zu begrenzen und drel Pegeln der Ausgangsspannung zu liefern (daher kommt die Benennung  
 10 "Dreipegeleinwechselrichter"). Eine spezifische Steuerung ist in einer solchen Vorrichtung nötig um es zu ermöglichen, dass der Diodensatz sein Impulsspitzenabschneiden- und Spannungsverteilungs-rolle spielt, diese Steuerung ist aber mit einer Komplementarität des Betriebes der Schalter der beiden  
 15 Reihen unverträglich. Unter diesen Bedingungen gibt eine solche Vorrichtung als Ausgang eine Spannungswelligkeit ab, deren Amplitude und Frequenz verknüpft sind :

- entweder diese Welligkeit verwirklicht sich zwischen dem Pegel der Zwischenspannung und einem der äussersten  
 20 Pegeln und weist daher eine Amplitude auf, die nur einen Bruch ( $V/2$ ) der gesamten Speisespannung ( $V$ ) ist, wobei die Frequenz dieser Welligkeit dann gleich die Steuerrungsfrequenz ( $F$ ) der Schalter ist,

- oder diese Welligkeit überdeckt die drei  
 25 Spannungspegel und weist deshalb eine Amplitude auf, die gleich die gesamte Speisespannung ( $V$ ) ist, in diesem Fall aber ist die Frequenz dieser Welligkeit ist ein Vielfaches von der Steuerrungsfrequenz jedes Schalters ( $2F$ ).

Im ersten Fall würde der begrenzte Wert ( $V/2$ ) der  
 30 Amplitude der Ausgangsspannungswelligkeit dazu streben, ihres Filtern zu erleichtern, dieses muss aber eine schwache Frequenz  $F$  beseitigen, was diesen Vorteil begrenzt. Umgekehrt würde im zweiten Fall die hohe Frequenz ( $2F$ ) der Welligkeit der Ausgangsspannung dazu streben, ihres Filtern

zu erleichtern, der hohe Wert ihrer Amplitude ( $V$ ) begrenzt aber diesen Vorteil. Deshalb ermöglichen aufgrund ihrer Natur selbst diese Vorrichtungen es nicht, die kombinierten Vorteile einer Amplitudeverminderung ( $V/2$ ) und einer Frequenzmultiplikation ( $2F$ ) zunutze zu machen.

Ausserdem begrenzt die sehr spezifische Eigentümlichkeit der Steuerung dieser Vorrichtungen, deren Schalter nicht in Komplementarität arbeiten, auf vier die Zahl der Schalter, die sie pro Modul aufweisen können.

Es ist bemerkenswert, dass einige üblichen Wechselrichter (die Pulsweitenmodulationswechselrichter) aus Zusammensetzungen von Schaltzellen bestehen, die parallel zur Spannungsquelle angeordnet sind, wobei die Stromquelle zwischen den Schaltzellen eingeschaltet ist; in diesen Wechselrichter arbeiten die Schalter jeder Zelle in komplementärer Weise ("Patel und Hoff, generalised techniques of harmonic elimination and voltage control in thyristor inverters, I.E.E.E. Transactions on industry applications, Band IA.9, Nr 3, mai-juni 73"). Diese Vorrichtungen können die vorher angegebenen kumulierten Vorteile aufweisen (verminderte Spannungswelligkeit und vervielfachte Frequenz); in diesen Wechselrichter muss jedoch jeder Schalter die Gesamtheit der Gesamtspeisespannung aushalten, was für hohe Spannungen ein schwerer Mangel im Verhältnis mit den vorhergehenden Vorrichtungen ist, in denen die an den Klemmen jedes Schalters vorhandene Spannung ein Bruch ( $V/2$ ) der Gesamtspannung  $V$  ist. Ausserdem ist die Zahl der am Ausgang dieser Wechselrichter gelieferten Spannungspegeln auf 3 und die Frequenzmultiplikation auf 2 begrenzt, unabhängig von der Zahl der parallel geschalteten Zellen.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, eine verbesserte Umformungsvorrichtung zu schaffen, die die folgende Vorteile kumuliert :

- die Möglichkeit eine hohe Zahl ( $n$ ) von Zellen einzusetzen, wobei diese Zahl 2 aber auch einen höheren Wert (3 oder mehr) aufweisen kann,

- die von jedem Schalter vertragene Spannung ist gleich ein Bruch ( $V/n$ ) der Gesamtspeisespannung ( $V$ ),

- die Welligkeit der Ausgangsspannung ist auf den Bruch ( $V/n$ ) der Gesamtspannung ( $V$ ) begrenzt,

- die Frequenz dieser Welligkeit ist ein Vielfaches ( $nF$ ) der Schaltfrequenz ( $F$ ) jedes Schalters.

10        Dazu umfasst die erfindungsgemäße Vorrichtung zum Umformen von elektrischer Energie zwischen einer Spannungsquelle und einer Stromquelle die folgenden Mittel :

- n- steuerbare Schaltzellen, von denen jede zwei Schalter mit  $n \geq 2$  aufweist, wobei jede Zelle durch einen

15        Index  $k$  bezeichnet ist, während  $1 \leq k \leq n$ ,  
       eine an jede Schaltzelle angeschlossene Steuerlogikschaltung, um dieser Steuersignale der Frequenz  $F$  zuzuführen, wobei die besagten Steuersignale so beschaffen sind, dass sie entgegengesetzte Schaltungen der beiden

20        Schaltern der Zelle gewährleisten,  
       Steuermittel, die so beschaffen sind, dass sie den Steuerlogikschaltungen in Abhängigkeit von der gewünschten Energieumformung ein Bezugssignal  $s_r$  zuzuführen,

25        -n- in Reihe geschaltete homologe Schalter der Zellen und die anderen ihrerseits in Reihe geschalteten -n- homologen Schalter, so dass zwei symmetrische Reihen, die sogenannte Reihe A und die sogenannte Reihe B, gebildet werden, in denen die beiden Schalter ein und derselben Zelle im Verhältnis zu der Stromquelle symmetrische Lagen

30        einnehmen,  
       bei dem die beiden Schalterreihe A und B einerseits durch ein gemeinsames Ende mit der Stromquelle und andererseits durch ihre entgegengesetzten Enden mit der Spannungsquelle verbunden sind, wobei der den Zellen

zugeteilte Index  $k$  von der Zelle, deren Schalter unmittelbar mit der Stromquelle verbunden sind, bis zu der Zelle, deren Schalter unmittelbar mit der Spannungsquelle verbunden sind, zunimmt.

5 Die erfindungsgemässe Vorrichtung ist dadurch gekennzeichnet, dass :

. mit den Schaltzellen Kondensatoren so verbunden sind, dass die symmetrischen Klemmen der beiden Schalter jeder Zelle über einen Kondensator miteinander verknüpft sind, um  
10 zwischen den besagten Klemmen eine Spannung, die sogenannte Kondensatorladespannung, aufzuerhalten und einen abwechselnden Stromfluss von dem einen Schalter zu dem anderen Schalter der Zelle zu gewährleisten,

. bei dem die Steuerlogikschaltungen der  $n$ - Schaltzellen  
15 synchronisiert sind, um deren Steuersignale der Zeit nach zu verteilen, so dass der in jedem Kondensator fliessende Strom während einer Periode  $1/F$  einen mittleren Wert aufweist, der mit der Änderung der Spannung an den Klemmen der Spannungsquelle während der gleichen Periode im  
20 wesentlichen proportional und insbesondere bei einer Gleichspannungsquelle im wesentlichen null ist.

Wie es weiter verständlich sein wird, vertragen die an den Klemmen jeder Zelle angeordneten Kondensatoren zunehmenden Brüche der Spannung der Quelle in Abhängigkeit  
25 von ihrem Index. Der Unterschied zwischen den Kondensatorladespannungen der aufeinander folgenden Kondensatoren ist somit gleich  $V/n$  und dieser Unterschied ( $V/n$ ) wird von den beiden Schalter der mit den betreffenden Kondensatoren verbundene Zelle vertragen. Ausserdem wird  
30 es mit der Synchronisierung der Steuerlogikschaltungen erlaubt, dass eine Frequenz ( $nF$ ) der Welligkeit der Ausgangsspannung erhalten wird, die aufgrund der Verschiebungen der auf jeder Periode  $1/F$  verteilten Schaltungen der  $n$  Zellen ein Vielfaches der Steuerfrequenz ( $F$ )

ist. Ausserdem hat diese Verschiebung das Entstehen von -n- von der Ausgangsspannung unterschiedenen Pegeln zur Folge (-n- regelmässig auf der Periode  $1/F$  verteilten Pegeln, wobei zwei benachbarten Pegeln mit einer  $V/n$  gleichen Spannung getrennt sind).

Die Funktion jeder Zelle ist ähnlich wie die der benachbarten Zelle (abgesehen von der zeitlichen Verschiebung), so dass es möglich ist, bei jeder Anwendung Steuerlogikschaltungen leicht zu entwickeln, die die Steuerung der gewünschten Energieaustausche unabhängig von der Zahl -n- der eingesetzten Zellen ermöglichen (wobei alle diese Steuerlogikschaltungen in ihrer Struktur ähnlich sind, da die von diesen gelieferten Steuersignale die gleiche Gestaltung aufweisen und sich auseinander durch Verschiebung abherleiten).

Die nachfolgende Beschreibung erläutert die Erfindung anhand der beigefügten Zeichnung, die ein integrierender Bestandteil der vorliegende Beschreibung ist. Es zeigen :

- Figur 1 einen elektrischen Prinzipschaltplan der erfindungsgemässen Umformungsvorrichtung, wobei seine Leistungs- und Steuerungs-Telle angezeigt sind,

- Figur 2 ein Ausführungsbeispiel des Steuerungsteil dieser Vorrichtung,

- Figur 3a die der nacheinander folgenden  $k$  und  $k + 1$  Zellen zugelierten Logiksignale,

- Figuren 3b und 3c beziehungsweise den Verlauf des im mit der mit Index  $k$  bezeichneten Zelle in Verbindung stehenden Kondensator  $C_k$  fliessenden Stroms und den Verlauf der an den Klemmen dieses Kondensators vorhandenen Spannung  $V_{ck}$ ,

- Figur 4 einen elektronischen Schaltplan eines Ausführungsbeispiel der erfindungsgemässen Vorrichtung im Falle einer Gleichspannungsquelle und einer Gleichstromquelle (Gleichstromsteller),

- Figur 5 den Verlauf der verschiedenen Signale bezüglich des Steuerungsteils dieser Vorrichtung,
  - Figur 6 den Verlauf der Ströme und Spannungen im Leistungssteil dieser Vorrichtung, wobei Figur 7 den Verlauf der an den Klemmen der Kondensatoren vorhandenen Spannungen,
  - Figur 8 einen elektronischen Schaltplan einer anderen Ausführungsbeispiel im Falle einer konstanten Spannungsquelle und einer symmetrischen Wechselstromquelle,
  - Figur 9 den Verlauf der verschiedenen Signale bezüglich des Steuerungsteils dieser Vorrichtung,
  - Figur 10 den Verlauf der Ströme und Spannungen im Leistungssteil dieser Vorrichtung, wobei Figur 11 den Verlauf der an den Klemmen der Kondensatoren vorhandenen Spannungen,
  - Figur 12 einen Schaltplan einer Abwandlung der Vorrichtung der Figur 8, mit zwei Schaltzellen,
  - Figuren 13 und 14 den Verlauf von Signale der Vorrichtung der Figur 12,
  - Figur 15 einen elektronischen Schaltplan einer anderen Ausführungsbeispiel im Falle einer Wechselspannungsquelle und einer konstanten Stromquelle,
  - Figuren 16, 17, 18, 19, 20 et 21 den Verlauf von Signale der Vorrichtung der Figur 15,
  - Figur 22 einen elektronischen Schaltplan einer anderen Ausführungsbeispiel im Falle einer Wechselspannungsquelle und einer Wechselstromquelle,
  - Figuren 23, 24, 25, 26 et 27 den Verlauf von Signale der Vorrichtung der Figur 22.
- Die in Figur 1 dargestellte Vorrichtung umfasst n Schaltzellen  $CL_1, CL_2 \dots CL_k \dots CL_n$ , wobei n eine beliebige ganze Zahl grösser oder gleich 2 ist. Jede Zelle besteht aus zwei mit  $I_{AK}$  und  $I_{BK}$  symbolisch dargestellten Schalter, die so gesteuert



sind, um komplementäre Zustände jederzeit aufzuweisen ; vorzugsweise sind diese Schalter statische Halbleiterschalter.

n Schalter der n Zelle sind in Reihe geschaltet und bilden die Reihe A der Vorrichtung, wobei die n anderen Schalter die Reihe B bilden. Die beiden Reihen A und B sind einerseits durch ein gemeinsames Ende mit einer Stromquelle J (nach der oben angegebenen Definition) und andererseits durch ihre entgegengesetzten Enden mit der Klemmen einer Spannungsquelle E verbunden (nach der oben angegebene Definition). Die Zelle  $CL_1$  ist unmittelbar mit der Stromquelle J verbunden, wobei die anderen Zellen von dieser Quelle mit zunehmendem Index k bis zur mit dem Index n angegebenen Zelle sich entfernen, die unmittelbar mit den Klemmen der Spannungsquelle E verbunden ist.

Die Stromquelle J und die Spannungsquelle E können unterschiedliche Eigenschaften je nach Anwendung (Gleich- oder Wechsel-Strom, Gleich-oder Wechsel-Spannung, Generator, Empfänger). Die Schalter sind in Abhängigkeit von dieser Eigenschaften so gewählt, dass ihre Spannungsumsteuerbarkeit gleich wie die Spannungsquelle E ist und dass ihre Stromsumsteuerbarkeit mit der der Stromquelle J identisch ist.

Mit jeder Schaltzelle  $CL_k$  ist ein Kondensator  $C_k$  verbunden, der zwischen den symmetrischen Klemmen der beiden Schaltern  $I_{Ak}$  und  $I_{Bk}$  der betreffenden Zelle  $CL_k$  geschaltet ist (wobei der mit Index k angegebenen Kondensator  $C_k$  zwischen einerseits der gemeinsamen Klemme der Schalter  $I_{Ak}$  und  $I_{Ak+1}$  und andererseits der gemeinsamen Klemme der Schalter  $I_{Bk}$  und  $I_{Bk+1}$  geschaltet ist). Die letzte Zelle  $CL_n$  kann mit einem spezifischen Kondensator  $C_n$  (gestrichelt in Figur 1 dargestellt) verbunden sein, in der Annahme dass die Quelle E keine ideale Spannungsquelle ist, um ihre Mängel auszugleichen ; entgegengesetztenfalls spielt

die Quelle E, die ideal ist, die Rolle eines Kondensators  $C_n$  für die Zelle  $CL_n$ .

Der gesperrte Schalter ( $I_{Ak}$  im dargestellten Beispiel) der Zelle  $CL_k$  trägt den an den Klemmen der beiden benachbarten Kondensatoren  $C_k$  und  $C_{k-1}$  vorhandenen Spannungsunterschied  $V_{ck} - V_{ck-1}$ . Jeder Kondensator ausübt die Funktion, an seine Klemmen eine Spannung, die sogenannte Kondensatorladespannung  $V_{ck}$ , aufrechtzuhalten; eine Verteilung dieser mit dem Index des Kondensators proportionalen Ladespannungen  $V_{ck} = kV/n$  (wobei  $V$  die an den Klemmen der Quelle E vorhandene Spannung ist) gewährleistet an den Klemmen der gesperrten Schalter einen Spannungsunterschied  $V_{ck} - V_{ck-1}$ , der für alle gesperrten Schalter gleich  $V/n$  ist. Je nach den Zuständen der Schalter der beiden Zellen  $CL_{k+1}$  und  $CL_k$  ist der im mit der Zelle  $CL_k$  verbundenen Kondensator  $C_k$  fließende Strom  $i_{ck}$  gleich:  $+I$ ,  $0$  oder  $-I$  (wobei  $I$  der durch die Stromquelle  $J$  fließende Strom ist). Jeder Kondensator  $C_k$  ist so bemessen, dass er eine Kapazität  $c_k$  bietet, die ausreichend hoch ist, damit die Spannungsschwankungen  $V_{ck}$  an seinen Klemmen gering im Verhältnis mit der Spannung  $kV/n$  und insbesondere geringer als  $0,2 V/n$  sind (wobei die maximale Spannung an den Klemmen der gesperrten Schalter dann auf  $1,4 V/n$  begrenzt ist).

Ausserdem ist jeder Kondensator so gewählt, dass er einen mit seinem Index zunehmenden Spannungswert aufweist, der höher als  $k \cdot V_{max}/n$ , wobei  $V_{max}$  der maximale Wert der Spannung  $V$  ist. Selbstverständlich steht nichts daran entgegen, dass die Kondensatoren identisch sind: sie sind dann so bemessen, dass sie die Spannung  $V_{max}$  (die eventuell an den letzten von diesen ansetzbar ist) aushalten.

Andererseits umfasst die Vorrichtung  $n$  Steuerlogikschaltungen  $LG_1 \dots LG_k \dots LG_n$ , wobei eine Logikschaltung mit jeder Schaltzelle verbunden ist, um dieser

Steuerlogiksignale  $sc_1, sc_2 \dots sc_k \dots sc_n$  der Frequenz  $F$  zu liefern, die so beelignet sind, dass sie die entgegengesetzten Umschaltungen der beiden Schalter der Zelle bei der Frequenz  $F$  gewährleisten.

5 Jede Logikschaltung, deren bekannten Struktur allgemein aus einer Vergleichstufe und einer Anpassungsschaltung (abhängig vom Typ der von der Logikschaltung gesteuerten Schalter), erhält von Steuermittel (in den Figuren mit einem Steuergenerator  $GP$  symbolisch dargestellte) einen  
10 Gleichstrom- (DC) oder Wechselstrom- (AC) Bezugssignal  $sr$ , der von der gewünschten Energieumformung abhängt. Dieser Generator hängt von der Anwendung ab und kann zum Beispiel einen Bezugssignal liefern, das eine Stromregelung (der Ausgangsstrom  $I$  beträgt einen gegebenen Wert unabhängig  
15 von den Schwankungen der Eingangsspannung  $V$ ) bedingt.

Die Steuerlogikschaltungen  $LG_k$  können identische Strukturen aufweisen und durch Ihre Synchronisation werden die versetzten Umschaltungen der Zellen  $CL_k$  so geleitet, dass:

- die Welligkeit der Ausgangsspannung  $V_a$  eine Amplitude  
20 gleich  $V/n$  und eine Frequenz  $nF$ , die ein Vielfaches der Schaltfrequenz  $F$  der Schalter  $I_{Ak}$  und  $I_{Bk}$  ist, aufweist,
- die von jedem Kondensator  $V_{ck}$  vertragene Spannung gleich dem Bruch  $kV/n$  der Speisespannung  $V$  ist.

Dazu sind die Steuerlogikschaltungen mit  
25 Synchronisationsmittel  $SYNCHRO$  verbunden, die so beschaffen sind, dass sie den Logikschaltungen Synchronisationssignale  $sy_1 \dots sy_k \dots sy_n$  liefern, die so beschaffen sind, dass sie das zeitliche Verteilungsgesetz der von der Logikschaltungen  $LG_k$  ausgegebenen Steuersignale  $sc_k$   
30 vermitteln. Diese Verteilung des Steuersignale erlaubt eine Steuerung der Spannung  $V_{ck}$  an den Klemmen jedes Kondensators, so dass diese etwa proportional mit ihrem Index  $k$  ist ( $kV/n$ ).

Dieses Ergebnis wird durch die Steuerung des in jedem Kondensator fließenden Stromes  $i_{Ck}$  so erhalten, dass der Kondensator auf einer Periode  $1/F$  einen Mittelwert aufweist, die etwa proportional mit der Schwankung der Spannung an den Klemmen der Spannungsquelle  $E$  auf der selben Periode, und insbesondere gleich Null im Falle einer Gleichspannungsquelle ist. Diese Steuerung kann insbesondere dadurch durchgeführt werden, indem den Steuerlogikschaltungen  $LG_k$  Synchronisationssignale  $sy_k$  geliefert werden, die am Ausgang dieser Logikschaltungen der Zeit nach versetzte Steuersignale  $sc_k$  bedingen, die Logikzustände  $e_k$  und  $e_{k+1}$  der benachbarten Zellen mit vorgestimmten relativen Dauer vermitteln. Der Logikzustand  $e_k$  einer Zelle  $CL_k$  ist bestimmt als gleich 1 wenn der Schalter  $I_{Ak}$  der Zelle der Reihe A Strom führt (wobei der andere Schalter  $I_{Bk}$  der Zelle der Reihe B gesperrt ist) und gleich 0 wenn der Schalter dieser Reihe A gesperrt ist (wobei der andere Schalter der Zelle der Reihe B Strom führt).

Wie es in den folgenden Beispiele ersichtlich sein wird, hängt die Struktur der Synchronisationsmittel von den Eigenschaften der Spannungsquelle  $E$  und der Stromquelle  $J$  ab.

Figur 2 stellt eine mögliche Struktur der Synchronisationsmittel SYNCHRO eindeutig dar.

In diesem Beispiel umfassen diese Synchronisationsmittel einen Oszillator  $OSC$  der Frequenz  $F$  und eine Folge von Verzögerungsschaltungen  $RET_k$ , die einen Satz von  $n$  versetzten Signalen  $sd_k$  für zwei aufeinander folgenden Signale mit einem Zeitabstand gleich  $1/nF$  erzeugen. Diese Signale werden in  $n$  Summiergliedern  $SM_k$  korrigiert, von denen jeder einen Korrektursignal  $sg_k$  erhält und als Ausgang die Synchronisationssignale  $sy_k$  liefert. Die Korrektursignale  $sg_k$  werden in Korrektoren  $COR_k$  ausgearbeitet, die als Informationen die Werte der Spannung  $V$  und des Stromes  $I$

erhalten. Der von jedem Korrektor  $COR_k$  gelieferte Korrektursignal  $sg_k$  ist proportional mit dem Index  $k$  des Korrektors, mit der Frequenz  $F$ , mit der Spannungsschwankung  $V_0 - V_1$  auf der Periode  $1/F$  und mit der Kapazität des Kondensators mit gleichem Index und umgekehrt proportional mit dem Mittelwert  $(I_0 + I_1)/2$  des Stromes auf der gleichen Periode :

$$sg_k \text{ proportional mit } [4 C_k \cdot k (V_0 - V_1) F] / (I_0 + I_1) n$$

Diese Werte der Korrektursignalen  $sg_k$  gewährleisten die geeignete Verteilung der von der Logikschaltungen  $LG_k$  Steuersignalen  $sc_k$  und daher die vorher erwähnte Verteilung des Spannungen an den Klemmen der Kondensatoren und der Schalter.

Es ist bemerkenswert, dass die im obigen Beispiel ausgeführte Korrektur betreffend die Synchronisationsmittel SYNCHRO kann auch (mit einem entgegengesetzten Vorzeichen) auf das vom Steuergenerator gelieferte Bezugssignal  $sr$  ausgeführt werden ; da die Logikschaltungen  $LG_k$  aus (von Anpassungsschaltungen gefolgte) Vergleichstufen bestehen, sind beide Aufbaue funktionmässig äquivalent und die im Falle einer Aufbau oder der anderen bestimmte Erfindung erstreckt sich selbstverständlich auf die Gesamtheit der beiden Aufbauten.

Figur 3a zeigt den Verlauf der Steuersignale  $sc_k$  et  $sc_{k+1}$ , die von der Steuerlogikschaltungen  $LG_k$  und  $LG_{k+1}$  zur beiden Zellen  $CL_k$  und  $CL_{k+1}$  ausgegeben werden (diese Signale stellen die Logikzustände  $e_k$  und  $e_{k+1}$  dieser Zellen dar). Diese Signale mit Frequenz  $F$  sind zeitlich versetzt und unterschiedliche Dauer aufweisen (aufgrund der eingeführten Korrekturgliedern).

In Figur 3b wurde den Verlauf des Stromes  $i_{\alpha k}$  in den Kondensator  $C_k$  schematisch dargestellt, welcher wechselweise die Werte  $+ I$ ,  $0$ ,  $- I$  je nach den bezüglichen Stellungen der Fronten der Signalen  $sc_k$  und  $sc_{k-1}$  ( $I$  : durch die Stromquelle

fließender, als veränderlich angenommener Strom ) aufweist. Der Fluss dieses Stromes  $I_{ck}$  durch den Kondensator  $C_k$  erzeugt eine Schwankung der Spannung  $V_{ck}$  an seinen Klemmen : der Verlauf dieser Spannung ist in Figur 3c dargestellt. Auf einer Periode  $1/F$  ist das Fortschreiten der Spannung  $V_{ck}$  proportional mit der Schwankung der Spannung  $V$  auf der selben Periode und mit dem Index  $k$  des Kondensators :  $V_{ck}$  bleibt jederzeit nah vom Wert  $kV/n$ .

Figur 4 ist ein Ausführungsbeispiel der oben genannten Vorrichtung im Falle einer Gleichspannungsquelle  $E$  und einer Gleichstromquelle  $J$  (in allen Figuren wurden die gleichen Bezugszeichen für ähnliche Teile benutzt, um das Verständnis zu erleichtern).

In diesem Beispiel, das drei Schaltzellen umfasst, sind die Schalter  $I_{A1}$ ,  $I_{A2}$ ,  $I_{A3}$  der Reihe A ansteuerbare und löschbare Schalter, insbesondere bipolare Transistoren (oder auch Darlington Transistoren, MOST, GTO, IGBT...). Die Schalter  $I_{B1}$ ,  $I_{B2}$ ,  $I_{B3}$  der Reihe B sind Schalter mit spontaner Doppelschaltung, d. h. Dioden.

Bei dieser Anwendung sind die Synchronisationsmittel so angepasst, dass die zwei Zellen mit aufeinander folgenden Indexen  $k$  und  $k+1$  zugeführten Steuersignale  $sc_k$ ,  $sc_{k+1}$  diesen Zellen Logikzustände  $e_k$  und  $e_{k+1}$  vermitteln, die so beschaffen sind, dass, wenn  $e_k \neq e_{k+1}$ , die summierte Dauer, während denen  $e_k$  UND  $\overline{e_{k+1}} = 1$ , im wesentlichen gleich die summierte Dauer sind, während denen  $\overline{e_k}$  UND  $e_{k+1} = 1$ .

Dazu umfassen die Synchronisationsmittel SYNCHRO Mittel zur Erzeugung phasen versetzter Dreieckssignale, die im dargestellten Beispiel aus einem Dreieckssignalengenerator OSCT, der einen Signal  $sd_3$  mit Frequenz  $F$  ausgibt, dessen Verlauf in Figur 5 dargestellt ist, und aus einem Phasenschieber  $RET_2$ , dessen Ausgang mit einem anderen Phasenschieber  $RET_1$  verbunden ist, bestehen. Die Phasenschieber führen eine Phasenverschiebung von  $2\pi/n$ , d.

h. im vorliegenden Beispiel  $2\pi/3$ , ein. Die Signale, die vom Generator OSCT ( $sd_3$ ), vom Phasenschieber  $RET_2$  ( $sd_2$ ) und vom Phasenschieber  $RET_1$  ( $sd_1$ ) ausgegeben werden, weisen relative Phasen von 0,  $2\pi/3$  und  $4\pi/3$  auf und werden beziehungsweise zu den Vergleichstufen geliefert  $LG_3$ ,  $LG_2$ ,  $LG_1$  der Steuerlogikschaltungen. Der Steuergenerator GP gibt wie vorher das Bezugssignal  $sr$  zu dem anderen Eingang der Vergleichstufen ab. In der Gleichspannung/Gleichstrom Anwendung ist das Signal  $sr$  ein Gleichstromsignal und verändert sich in Abhängigkeit von der gewünschten Energieaustausch.

Am Ausgang der Vergleichstufen.  $LG_3$ ,  $LG_2$ ,  $LG_1$  sind die drei Steuersignale  $sc_3$ ,  $sc_2$ ,  $sc_1$  vorhanden, die aus Logiksignalen mit dem Wert 1 wenn  $sd_k < sr$  und mit dem Wert 0 entgegengesetztenfalls bestehen.

Diese Signale werden nach Anpassung der Steuerelektrode der Schalter  $IA_3$ ,  $IA_2$  und  $IA_1$  angeliefert.

Figur 6 zeigt den Verlauf der Ströme  $ic_1$  und  $ic_2$ , die die Kondensatoren  $C_1$  und  $C_2$  durchfließen (die als ideale angenommene Spannungsquelle  $E$  spielt dabei die Rolle des Kondensators  $C_3$ ). Es ist bemerkenswert, dass, wenn zwei nacheinander folgende Zellen in verschiedenen Zuständen  $e_k$  und  $e_{k+1}$  sind, der Strom  $I$  von der Quelle  $J$  in der einen oder der anderen Richtung durch den zwischen den zwei betreffenden Zellen liegenden Kondensator fließt; im Gegenteil ist der Strom in diesem Kondensator null, wenn die beiden Zellen in gleichen Zuständen sind.

Der letzte Diagramm der Figur 6 zeigt die Ausgangsspannung  $V_s$ ; diese Spannung weist eine Welligkeit der Frequenz  $3F$  und einer Amplitude  $E/3$  auf: diese zwei Umstände erleichtern das Filtern dieser Spannung.

Figur 7 zeigt die Ausgleiche der Spannungen,  $V_{c1}$  und  $V_{c2}$  an den Klemmen der Kondensatoren  $C_1$  und  $C_2$  durch Vergleichung mit der an den Klemmen der Spannungsquelle  $E$

vorhandenen Gleichspannung  $V$ . Es wird festgestellt, dass die an den Klemmen eines Kondensators  $k$  vorhandene Spannung  $V_{ck}$  im wesentlichen gleich  $kV/n$  ist (im vorliegenden Falle  $kV/3$ ).

5 Die an den Klemmen eines Schalters  $I_{AK}$  oder  $I_{BK}$  vorhandene Spannung ( $V_{IAK}$  oder  $V_{IBK}$ ) ist entweder null oder gleich der an den Klemmen der beiden Kondensatoren  $C_{k-1}$  und  $C_k$  vorhandene Spannungsunterschied, zwischen denen er liegt. Daraus erfolgt, dass diese Spannung auf  $V/n$  (im  
10 vorliegenden Falle  $kV/3$ ) begrenzt ist.

Figur 8 zeigt ein Ausführungsbeispiel der Vorrichtung im Falle einer Gleichspannungsquelle  $E$  und einer Stromquelle  $J$ , die einen symmetrischen mit Frequenz  $f_i$  Wechselstrom liefert (die Schaltfrequenz  $F$  ist beträchtlich grösser als dieser  
15 Frequenz  $f_i$ ). Dieses Beispiel entspricht zu einem Spannungswechselrichter (Gleichspannung/Wechselspannung Umwandler) oder unter Berücksichtigung der Umschaltbarkeit zu einem Stromrichter (Wechselstrom/Gleichstrom Umwandler).

Im dargestellten Beispiel, das auch drei Zellen umfasst (das aber auf  $n$  Zellen allgemein verbreitet werden kann), sind  
20 alle Schalter  $I_{A1}$ ,  $I_{A2}$ ,  $I_{A3}$ ,  $I_{B1}$ ,  $I_{B2}$ ,  $I_{B3}$  vom gleichen Typ, stromumschaltbar und spannungsgerichtet ; in Figur 8 bestehen sie aus bipolaren Transistoren, von denen jeder mit einer gegenparallel geschaltete Diode verbunden ist ; jeder  
25 von diesen Transistoren kann durch einen Darlington, MOST, GTO, IGBT...Transistor in Abhängigkeit von den Anwendungen ersetzt werden.

In dieser Anwendung sind die Synchronisationsmittel SYNCHRO so angepasst, das die den beiden Zellen  $CL_k$  und  
30  $CL_{k+1}$  mit nacheinander folgenden Indexen  $k$  und  $k+1$  zugeführten Steuersignale  $sc_k$  und  $sc_{k+1}$  diesen Zellen Logikzustände  $e_k$  und  $e_{k+1}$  vermitteln, die so beschaffen sind, dass :



der logische Wert  $e_k$  UND  $\overline{e_{k+1}}$  periodisch mit der Frequenz  $2 f_i$  ist, die das Doppelte der Frequenz der Stromquelle J ist,

5 der logische Wert  $\overline{e_k}$  UND  $e_{k+1}$  auch periodisch mit der gleichen Frequenz  $2 f_i$  ist.

Dazu sind die Steuermittel GP angepasst, um einen symmetrischen Wechselstrombezugssignal der Frequenz  $f_i$  abzugeben; ausserdem umfassen die Synchronisationsmittel Mittel zur Erzeugung symmetrischer Wechselstromdreieckssignale  $sd_k$ , die im vorliegenden Beispiel aus  $n$  den  $n$  Zellen entsprechenden und mit dem gleichen Index Generatoren  $OSCT$ ,  $RET_2$ ,  $RET_1$  bestehen, wobei die Generatoren eine gleiche Amplitude und eine gleiche, Frequenz  $-F$ , ein Vielfaches der Frequenz  $f_i$ , aufweisen, um Dreieckssignale abzugeben, die so der Zeit nach versetzt sind, dass das vom Generator mit Index  $k+1$  ausgegebene Signal  $sd_{k+1}$  im Verhältnis zu dem vom mit Index  $k$  Generator ausgegebenen Signal  $sd_k$  der Zeit nach um einen Wert  $1/nF$  versetzt ist.

20 Jede von den  $n$  Logikschaltungen  $LG_k$  besteht aus einer mit den Steuermittel GP verbundenen Vergleichsstufe und aus einem Dreieckssignalgenerator, wobei die mit dem mit Index  $k$  Generator verbundene Vergleichsstufe mit der mit Index  $k$  Schaltzelle verbunden ist, um diese in Abhängigkeit von den relativen Werten der beiden von der Vergleichsstufe empfangenen Signalen ( $sd_k$ ,  $sr$ ) zu steuern.

Wie vorher können die Dreieckssignalgeneratoren aus einem Oszillator  $OSCT$  und einer Reihe von Phasenschieber  $RET_k$   $2\pi/n$  bestehen, um von einem zum folgenden um  $2\pi/n$  versetzte Dreieckssignale abzugeben.

30 Am Ausgang der Vergleichsstufen  $LG_3$ ,  $LG_2$ ,  $LG_1$  der Steuerlogikschaltungen erscheinen Steuersignale  $sc_3$ ,  $sc_2$ ,  $sc_1$ , die Eigenschaften aufweisen, die den vorher schon beschriebenen Eigenschaften ähnlich sind. Diese in Figur 9

gezeigte Signale werden den Schaltern  $I_{A3}$ ,  $I_{A2}$  und  $I_{A1}$ ,  
 zugeführt. Die schon im vorigen Ausführungsbeispiel zitierte  
 Umstände werden im vorliegenden Falle bestätigt. Nach  
 Umschaltung und galvanischer Trennung in Schaltungen  $INV_k$   
 5 gewährlesten diese Signale die Steuerung der drei anderen  
 Schalter  $I_{B3}$ ,  $I_{B2}$ ,  $I_{B1}$ .

Figur 10 zeigt den Verlauf der in den Kondensatoren  $C_1$   
 und  $C_2$  durchfliessende Ströme. Die gleiche als im  
 vorliegenden Falle Kommentare können abgegeben werden.  
 10 Der letzte Diagramm der Figur 10 zeigt die Ausgangsspannung  
 $V_s$  : wie vorher weist diese Spannung eine Spannungswelligkeit  
 der Frequenz  $nF$  und Amplitude  $E/n$  ( $n = 3$  im dargestellten  
 Falle von drei Zellen).

Figur 11 zeigt die Ausgleichung der an den Klemmen der  
 15 Kondensatoren vorhandenen Spannungen : die an den  
 Klemmen des mit Index  $k$  Kondensators vorhandene Spannung  
 $V_{ok}$  ist im wesentlichen gleich  $kV/n$ . Ausserdem wird auch in  
 diesem Falle die an den Klemmen eines Schalters vorhandene  
 Spannung auf  $V/n$  (im vorliegenden Falle  $V/3$ ) begrenzt.

Figur 12 zeigt eine Abwandlung der in der Figur 8  
 dargestellten Vorrichtung (Gleichspannungsquelle  $E$  und  
 symmetrische Wechselstromquelle der Frequenz  $f_i$ ). In der  
 Vorrichtung der Figur 12 ist der Zahl  $n$  der Zellen gleich 2 und  
 die Schaltfrequenz  $F$  gleich die Frequenz  $f_i$  der Stromquelle.  
 25 Der Leistungsteil der Vorrichtung ist dem von Figur 8 ähnlich ;  
 der vom Steuergenerator ausgegebene Bezugssignal  $sr$  wird in  
 der mit der zweiten Zelle verbundenen Steuerlogikschaltung  
 LG2 so verarbeitet, dass ein Steuersignal  $sc_2$  mit Frequenz  $f_i$   
 ausgegeben wird. Diese Steuerlogikschaltung LG2 kann zum  
 30 Beispiel aus einem vorbestimmte Steuermuster abspeichenden  
 Speicher bestehen, die mit der Frequenz  $F = f_i$  ausgelesen und  
 in Abhängigkeit vom Signal  $sr$  ausgewählt werden. Dieses  
 Signal, der zur Steuerung der Zelle  $CL_2$  (nach Umschaltung für  
 den Schalter der Reihe B) dient, wird von der mit der Zelle  $CL_1$

verbunden Logikschaltung  $LG_1$  empfangen, um einen Steuersignal  $sc_1$  der besagten Zelle  $CL_1$  auszuliefern. Die Steuersignale  $sc_1$  und  $sc_2$  vermitteln diesen Zellen Logikzustände  $e_1$  und  $e_2$ , die so beschaffen sind, dass  $e_2$  dadurch erhalten wird, dass  $e_1$  komplementiert und um einer halben Periode  $1/2F$  versetzt wird.

Dazu kann die Logikschaltung  $LG_1$  insbesondere aus einem Inverter mit einem nachgeschalteten  $\pi$  Phasenschieber DEPH bestehen. Gegebenenfalls kann der Signal  $sc_1$  (wie der Signal  $sc_2$ ) in einem Speicher abgespeichert werden, um mit der Frequenz  $F = f_i$  auslesbar sein.

Figur 13 zeigt die Steuersignale  $sc_1$  und  $sc_2$ ; der letzte Diagramm dieser Figur zeigt strichpunktiert den Strom  $I$  der quelle  $J$  und in Vollinie den durch den Kondensator  $C_1$  fließenden Strom  $I_{c1}$ ; es ist festzustellen, dass dieser Strom einen Mittelwert aufweist, der gleich Null ist.

Figur 14 zeigt den Verlauf der Ausgangsspannung  $V_s$  des Systems (die eine Dreipegelspannung ist); deshalb ist die Spannung  $V_{c1}$  an den Klemmen des Kondensators  $C_1$  im wesentlichen gleich  $V/2$  und die Spannung an den Klemmen des Schalters  $I_{A1}$  auf  $V/2$  begrenzt.

Figur 15 ist ein Ausführungsbeispiel der Vorrichtung im Falle einer symmetrischen Wechselstromsquelle  $E$  der Frequenz  $f_v$  und einer Gleichstromquelle  $J$  (wobei die Schaltfrequenz  $F$  beträchtlich grösser als dieser Frequenz  $f_v$  ist). Dieses Beispiel entspricht zu einem Wechselstrom/Gleichstrom und/oder Gleichstrom/Wechselstrom Wandler (Gleichrichter oder umschaltbarer Wechselrichter).

Im dargestellten Beispiel, das drei Zellen umfasst (das aber auf  $n$  Zellen allgemein verbreitet werden kann) sind alle Schalter  $I_{A1}$ ,  $I_{A2}$ ,  $I_{A3}$ ,  $I_{B1}$ ,  $I_{B2}$ ,  $I_{B3}$  vom gleichen Typ, spannungsumschaltbar und stromgerichtet; in Figur 15 bestehen sie aus bipolaren Transistoren, von denen jeder mit

einer in Reihe geschaltete Diode verbunden ist ; jeder von diesen Transistoren kann durch einen Darlington, MOST, GTO (der nicht zwangsläufig eine Reihendiode erfordert), IGBT...Transistor in Abhängigkeit von den Anwendungen  
 5 ersetzt werden.

In dieser Anwendung sind die Synchronisationsmittel so angepasst, dass die den beiden Zellen  $CL_k$  und  $CL_{k+1}$  mit aufeinander folgenden Indexen  $k$  und  $k+1$  zugeführten Steuersignale  $sc_k$  und  $sc_{k+1}$  diesen Zellen Logikzustände  $e_k$   
 10 und  $e_{k+1}$  vermitteln, die so beschaffen sind, dass je Periode  $1/F$  der Unterschied zwischen der Dauer des Zustands  $e_k$  UND  $e_{k+1} = 1$  und der Dauer des Zustands  $e_k$  UND  $e_{k+1} = 1$  im wesentlichen gleich

$$15 \quad \frac{c_k}{T} \cdot \frac{k}{n} \left| V_0 - V_1 \right|$$

ist

wobei  $c_k$  die Kapazität des Kondensators mit dem Index  $k$  ist,

$I$  der Stromwert der Stromquelle ist,

20  $V_0$  die Spannung an den Klemmen der Spannungsquelle zu Beginn der betreffenden Periode  $1/F$  und  $V_1$  diese Spannung bei Abschluss dieser Periode ist.

Dazu sind die Steuermittel angepasst, um einen symmetrischen Gleichstrombezugssignal  $sr$  mit Frequenz  $f_v$ ,  
 25 das in Figur 16 dargestellt ist ; ausserdem umfassen die Synchronisationsmittel SYNCHRO :

Mittel zur Erzeugung von  $n$  symmetrische Wechselstrom-Dreiecksignalen  $sd_k$ , die im vorliegenden Beispiel aus  $n$  den  $-n$ - Zellen entsprechenden und mit gleichem  
 30 Index zugeteilten Generatoren  $OSCT$ ,  $RET_2$ ,  $RET_1$ , bestehen, die eine gleiche Amplitude und eine gleiche Frequenz,  $-F$ -, ein Vielfaches der Frequenz  $f_v$ , aufweisen, um Dreiecksignale abzugeben, die der Zeit nach so versetzt sind, dass das vom mit Index  $k+1$  Generator abgegebene Signal  $sd_{k+1}$  in Verhältnis

zu dem vom mit Index  $k$  Generator abgegebene Signal  $sd_k$  der Zeit nach um einen Wert  $1/nF$  versetzt ist (Figur 17).

den  $n$ - Zellen entsprechenden und mit gleichem Index zugeweilten Korrekturmittel  $COR_k$ , von denen jedes mit den Steuermittel verbunden und angepasst ist, um einen korrigierten Bezugssignal  $sg_k$  der relativen Amplitude  $g_k$  zu liefern, die zu der der Dreieckssignale  $sd_k$  im Verhältnis steht, so dass

$$\left| g_k - g_{k+1} \right| = 2 \frac{c_k}{T} \cdot \frac{k}{n} \left| V_0 - V_1 \right| \cdot F$$

Jede von der  $n$  Logikschaltungen  $LG_k$  besteht aus einer Vergleichstufe, die ein Dreieckssignal  $sd_k$  und ein korrigiertes Bezugssignal  $sg_k$  empfängt, wobei die mit dem Generator mit dem Index  $k$  verbundene Vergleichstufe mit der Schaltzelle mit dem Index  $k$  in Verbindung steht, um diese in Abhängigkeit von den relativen Werten der beiden von ihr empfangenen Signale  $sd_k$ ,  $sg_k$  zu steuern.

Die korrigierte Bezugssignale sind in Figur 18 dargestellt.

Wie vorher können die Dreieckssignale-Generatoren aus einem Oszillator  $OSCT$  und einer Folge von um  $2\pi/n$  Phasenverschiebern  $RET_k$  bestehen, so dass um  $2\pi/n$  versetzte Dreieckssignale für ein Signal im Verhältnis zum folgenden geliefert werden.

Am Ausgang der Vergleichsstufen  $LG_3$ ,  $LG_2$ ,  $LG_1$  der Steuerlogikschaltungen sind Steuersignale  $sc_3$ ,  $sc_2$ ,  $sc_1$ , die Eigenschaften aufweisen, die den vorher schon beschriebenen Eigenschaften ähnlich sind. Diese in Figur 19 gezeigte Signale werden den Schalter  $IA_3$ ,  $IA_2$  und  $IA_1$ , zugeführt. Die schon im vorigen Ausführungsbeispiel zitierte Umstände werden im vorliegenden Falle bestätigt. Nach Umschaltung und galvanischer Trennung in Schaltungen  $INV_k$  gewährleisten diese Signale die Steuerung der drei anderen Schalter  $IA_3$ ,  $IA_2$ ,  $IA_1$ .

Figur 20 zeigt den Verlauf des in dem Kondensator  $C_1$  fließenden Strom  $I_{c1}$  und den der an seinen Klemmen Spannung  $V_{c1}$ .

Es ist bemerkenswert, dass dieser Strom  $I_{c1}$  einen nicht gleich Null Mittelwert aufweist, die dafür geeignet ist, um eine Veränderung der Spannung  $V_{c1}$  zu erzeugen, die mit der Veränderung der Spannung  $V$  an den Klemmen der Quelle  $E$  proportional ist. Die makroskopische Veränderung der Spannung  $V_{c1}$  ist besser sichtbar in Figur 21. Diese Figur zeigt auch, dass die Spannungen  $V_{ck}$  an den Klemmen der Kondensatoren mit ihrem Index  $k$  proportional sich verändern.

Figur 22 ist ein Ausführungsbeispiel der Vorrichtung im Falle einer symmetrischen Wechselspannungsquelle  $E$  der Frequenz  $f_v$  und einer symmetrischen Wechselstromquelle  $J$  der Frequenz  $f_i$  (wobei die Frequenz  $F$  beträchtlich grösser als die Frequenzen  $f_i$  und  $f_v$  ist). Dieses Beispiel entspricht einem Wechselstromumformer (zum Beispiel einem manchmal "Steuerumdichter" genannten Frequenzwandler).

Im dargestellten Beispiel, das drei Zellen umfasst (das aber auf  $n$  Zellen allgemein verbreitet werden kann) sind alle Schalter  $I_{A1}$ ,  $I_{A2}$ ,  $I_{A3}$ ,  $I_{B1}$ ,  $I_{B2}$ ,  $I_{B3}$  vom gleichen Typ, spannung- und strom-umschaltbar; in Figur 22 bestehen sie aus in Paare in Gegenreihe mitgeschalteten bipolaren Transistoren, von denen jeder mit einer gegenparallel geschaltete Diode verbunden ist; jeder von diesen Transistoren kann durch einen Darlington, MOST (wobei die Diode die Innendiode des MOST sein kann), GTO, IGBT...Transistor in Abhängigkeit von den Anwendungen ersetzt werden.

In dieser Anwendung sind die Synchronisationsmittel SYNCHRO so angepasst, dass die zwei Zellen  $CL_k$  und  $CL_{k+1}$  mit aufeinander folgenden Indexen  $k$  und  $k+1$  zugeführten Steuersignale  $sc_k$  und  $sc_{k+1}$  diesen Zellen Logikzustände  $e_k$  und  $e_{k+1}$  vermitteln, die so beschaffen sind, dass je Periode  $1/F$  der Unterschied zwischen der Dauer des Zustands

$\overline{e_k}$  UND  $e_{k+1} = 1$  und der Dauer des Zustands  $e_k$  UND  $\overline{e_{k+1}} = 1$  im wesentlichen gleich

$$2 c_k \cdot \frac{k}{n} \frac{V_0 - V_1}{I_0 + I_1}$$

5 ist

wobei  $c_k$  die Kapazität des Kondensators mit dem Index  $k$  ist,

$I_0$  und  $V_0$  die Werte der Strom- und Spannungsquellen zu Beginn der betreffenden Periode  $1/F$

10 und  $I_1$   $V_1$  diese Werte bei Abschluss dieser Periode sind.

Die Steuermittel GP liefern ein Bezugssignal  $sr$ , das so angepasst ist, um die Energieaustausche zu steuern; Im dargestellten Beispiel ist dieses Bezugssignal ein Wechselstromsignal der Frequenz  $f_v$ . Die

15 Synchronisationsmittel SYNCHRO umfassen:

. Mittel zur Erzeugung von symmetrische Wechselstrom-Dreiecksignalen  $sd_k$ , die im vorliegenden Beispiel aus  $n$  den  $-n$ -Zellen entsprechenden und mit gleichem Index zugeteilten Generatoren OSCT,  $RET_2$ ,  $RET_1$  bestehen, die eine gleiche Amplitude und eine gleiche Frequenz  $-F$ - (beträchtlich grösser als die Frequenzen  $f_i$  und  $f_v$ ) aufweisen, wobei die Generatoren der Zeit nach so versetzt sind, dass der vom mit Index  $k+1$  Generator abgegebene Dreieckssignal  $sd_{k+1}$  in Verhältnis zu dem vom mit Index  $k$  Generator abgegebene Signal  $sd_k$  der Zeit nach um einen Wert  $1/nF$  versetzt ist (Figur 24).

25 . den  $-n$ - Zellen entsprechenden und mit gleichem Index zugeteilten Korrekturmittel  $COR_k$ , von denen jedes mit den Steuermittel GP verbunden und angepasst ist, um einen korrigierten Bezugssignal  $sg_k$  der relativen Amplitude  $g_k$  zu liefern, die zu der der Dreieckssignale  $sd_k$  im Verhältnis steht, so dass

$$\left| g_k - g_{k+1} \right| = \frac{4 c_k}{I_0 + I_1} \cdot \frac{k}{n} \left| V_0 - V_1 \right| \cdot F$$

Jede von der  $n$  Logikschaltungen  $LG_k$  besteht aus einer Vergleichstufe, die ein Dreieckssignal  $sd_k$  und ein korrigiertes Bezugssignal  $sg_k$  empfängt, wobei die mit dem Generator mit dem Index  $k$  verbundene Vergleichstufe mit der Schaltzelle mit dem Index  $k$  in Verbindung steht, um diese in Abhängigkeit von den relativen Werten der beiden von ihr empfangenen Signale  $sd_k$ ,  $sg_k$  zu steuern.

Die von den Generatoren abgegebene Dreieckssignale  $sd_k$  und die korrigierte Bezugssignale  $sg_k$  sind in Figur 24 dargestellt.

Wie vorher können die Dreieckssignale-Generatoren aus einem Oszillator OSCT und einer Folge von um  $2\pi/n$  Phasenverschiebern  $RET_k$ , so dass um  $2\pi/n$  verstzte Dreieckssignale für ein Signal im Verhältnis zum folgenden geliefert werden.

Am Ausgang der Vergleichsstufen  $LG_3$ ,  $LG_2$ ,  $LG_1$  der Steuerlogikschaltungen sind Steuersignale  $sc_1$ ,  $sc_2$ ,  $sc_3$ , die Eigenschaften aufweisen, die den vorher schon beschriebenen Eigenschaften ähnlich sind. Diese in Figur 25 gezeigte Signale werden den Schalter  $IA_3$ ,  $IA_2$  und  $IA_1$ , zugeführt. Die schon in den vorigen Ausführungsbeispielen zitierte Umstände werden im vorliegenden Falle bestätigt. Nach Umschaltung und galvanischer Trennung in Schaltungen  $INV_k$  gewährleisten diese Signale die Steuerung der drei anderen Schalter  $IB_3$ ,  $IB_2$ ,  $IB_1$ .

Figur 26 zeigt den Verlauf des in dem Kondensator  $C_1$  fließenden Strom  $I_{c1}$  und den der an seinen Klemmen Spannung  $V_{c1}$ .

Es ist bemerkenswert, dass dieser Strom  $I_{c1}$  einen nicht gleich Null Mittelwert aufweist, die dafür geeignet ist, um eine Veränderung der Spannung  $V_{c1}$  zu erzeugen, die zur Veränderung der Spannung  $V$  an den Klemmen der Quelle  $E$  proportional ist. Die makroskopische Veränderung der Spannung  $V_{c1}$  ist besser sichtbar in Figur 27. Diese Figur zeigt



auch, dass die Spannungen  $V_{ck}$  an den Klemmen der Kondensatoren mit ihrem Index  $k$  proportional sich verändern.

## PATENTANSPRÜCHE

1/ - Elektronische Vorrichtung zum Umformen von elektrischer Energie zwischen einer Spannungsquelle und einer Stromquelle:

- . umfassend-n-steuerbare Schaltzellen ( $CL_1 \dots CL_k \dots CL_n$ ), von denen jede zwei Schalter ( $I_{Ak}, I_{Bk}$ ) mit  $n \geq 2$  aufweist, wobei jede Zelle durch einen Index  $k$  bezeichnet ist, während  $1 \leq k \leq n$ ,
- 10 . bei dem eine Steuerlogikschaltung ( $LG_k$ ) an jede Schaltzelle ( $CL_k$ ) angeschlossen ist, um dieser Steuersignale ( $sc_k$ ) der Frequenz  $F$  zuzuführen, wobei die besagten Steuersignale so beschaffen sind, daß sie entgegengesetzte Schaltungen der beiden Schalter der Zelle gewährleisten,
- 15 . bei dem Steuermittel ( $GP$ ) so beschaffen sind, daß sie den Steuerlogikschaltungen in Abhängigkeit von der gewünschten Energieumformung ein Bezugssignal ( $sr$ ) zuführen,
- . bei dem-n-homologe Schalter der Zellen in Reihe geschaltet sind und die anderen-n-homologen Schalter
- 20 ihrerseits in Reihe geschaltet sind, so daß zwei symmetrische Reihen, die sogenannte Reihe A und die sogenannte Reihe B, gebildet werden, in denen die beiden Schalter ( $I_{Ak}, I_{Bk}$ ) ein und derselben Zelle im Verhältnis zu der Stromquelle symmetrische Lagen einnehmen,
- 25 . bei dem die beiden Schalterreihen A und B einerseits durch ein gemeinsames Ende mit der Stromquelle ( $J$ ) und andererseits durch ihre entgegengesetzten Enden mit der Spannungsquelle ( $E$ ) verbunden sind, wobei der den Zellen zugeteilte Index  $k$  von der Zelle ( $CL_1$ ), deren Schalter
- 30 unmittelbar mit der Stromquelle ( $k = 1$ ) verbunden sind, bis zu der Zelle ( $CL_n$ ), deren Schalter unmittelbar mit der Spannungsquelle ( $k = n$ ) verbunden sind, zunimmt, und zwar ist die besagte Umformvorrichtung dadurch gekennzeichnet, daß:
- 35 . mit den Schaltzellen ( $CL_k$ ) Kondensatoren ( $c_k$ ) so verbunden sind, daß die symmetrischen Klemmen der beiden Schalter ( $I_{Ak}, I_{Bk}$ ) jeder Zelle über einen Kondensator miteinander verknüpft sind, um zwischen den besagten Klemmen eine Spannung, die sogenannte Kondensatorladespannung,

aufrechtzuerhalten und um einen wechselweisen Stromfluß von dem einen Schalter zu dem anderen Schalter der Zelle zu gewährleisten,

. bei dem die Steuerlogikschaltungen ( $LG_k$ ) der-n-  
 5 Schaltzellen synchronisiert sind, um deren Steuersignale ( $sc_k$ ) der Zeit nach zu verteilen, so daß der in jedem Kondensator ( $c_k$ ) fließende Strom während einer Periode  $1/F$  einen mittleren Wert aufweist, der zu der Änderung der Spannung an den Klemmen der Spannungsquelle während der  
 10 gleichen Periode im wesentlichen proportional und insbesondere bei einer Gleichspannungsquelle im wesentlichen null ist.

2/ - Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß jeder mit einer Schaltzelle ( $CL_k$ ) in  
 15 Verbindung stehende Kondensator ( $c_k$ ) einen Spannungswert aufweist, der um so höher ist als ein Schwellwert  $V_{ck}$ , je höher der Index  $k$  der Zelle ist, mit der der besagte Kondensator in Verbindung steht, wobei  $V_{ck} = k \cdot V_m/n$  und  $V_m$  die Höchstspannung der Spannungsquelle (E) ist.

20 3/ - Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß jeder mit der Schaltzelle ( $CL_k$ ) mit dem Index  $k$  in Verbindung stehende Kondensator ( $c_k$ ) so bemessen ist, daß er eine Kapazität ( $c_k$ ) bietet, die ausreichend hoch ist, damit die Spannungsschwankungen an den  
 25 Klemmen des besagten Kondensators geringer sind als  $0,2 \cdot V/n$ , wobei  $V$  die Spannung der Spannungsquelle (E) ist.

4/ - Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1, 2 oder 3, bei der die Schalter ( $I_{Ak}$ ,  $I_{Bk}$ ) der Schaltzellen ( $CL_k$ ) statische Halbleiterschalter sind, die die gleiche  
 30 Spannungsumsteuerbarkeit aufweisen wie die Spannungsquelle (E), und bei denen die Umsteuerbarkeit des Stromes mit der der Stromquelle (J) identisch ist.

5/ - Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1, 2, 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuerlogikschaltungen  
 35 ( $LG_k$ ) mit Synchronisationsmitteln (SYNCHRO) verbunden sind, die einen Oszillator (OSC) der Frequenz  $F$ , eine Reihe von Verzögerungsschaltungen ( $RET_k$ ), die ein System von Signalen

- ( $sd_k$ ) liefern, welche bei je zwei aufeinander folgenden Signalen in einem zeitlichen Abstand von  $1/nF$  sind, Korrekturglieder ( $COR_k$ ), die Korrektursignale ( $sg_k$ ) liefern, welche zu dem Index  $k$  des Korrekturglieds, zu der Frequenz
- 5  $F$ , zu der Spannungsänderung  $V_0 - V_1$  während der Periode  $1/F$  und zu der Kapazität des Kondensators mit dem gleichen Index  $k$  proportional und zu dem mittleren Wert  $(I_0 + I_1)/2$  des Stromes während der besagten Periode umgekehrt proportional sind, sowie Summierglieder ( $SM_k$ ) zwecks Lieferung von
- 10 Synchronisationssignalen ( $sy_k$ ) aufgrund der versetzten Signale ( $sd_k$ ) und der Korrektursignale ( $sg_k$ ) umfassen, wobei jede Steuerlogikschaltung eine Vergleichsstufe umfaßt, die einerseits das von den Steuermitteln (GP) abgegebene Bezugssignal ( $sr$ ) und andererseits das von den
- 15 Synchronisationsmitteln (SYNCHRO) abgegebene Synchronisationssignal ( $sy_k$ ) mit dem entsprechenden Index  $k$  empfängt.

- 6/ - Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1, 2, 3, 4 oder 5, wobei die besagte Vorrichtung an eine
- 20 Gleichspannungsquelle und an eine Gleichstromquelle angeschlossen ist, um einen Gleichspannungswandler zu bilden, in dem jede Schaltzelle ( $CL_k$ ) einerseits einen Schalter ( $I_{Ak}$ ), der solcher Art ist, daß sich das Ein- und Ausschalten steuern läßt, und andererseits einen Schalter
- 25 ( $I_{Bk}$ ) für selbsttätige Doppelschaltung, umfaßt.

- 7/ - Vorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuerlogikschaltungen ( $LG_k$ ) der  $n$ -Schaltzellen so synchronisiert sind, daß die den beiden Zellen ( $CL_k$ ,  $CL_{k+1}$ ) mit aufeinander folgenden Indexen  $k$  und
- 30  $k+1$  zugeführten Steuersignale ( $sc_k$ ,  $sc_{k+1}$ ) den besagten Zellen logische Zustände  $e_k$  und  $e_{k+1}$  vermitteln, so daß, wenn  $e_k \neq e_{k+1}$ , die summierten Zeiten, während denen  $e_k$  UND  $\overline{e_{k+1}} = 1$ , den summierten Zeiten, während denen  $\overline{e_k}$  UND  $e_{k+1} = 1$  sind, im wesentlichen gleich sind, wobei der Logikzustand  $e_k$  einer
- 35 Zelle ( $CL_k$ ) als gleich 1 definiert ist, wenn der zu der Reihe A gehörende Zellschalter ( $I_{Ak}$ ) Strom führt (während der zu der Reihe B gehörende andere Zellschalter ( $I_{Bk}$ ))

gesperrt ist), und als gleich 0 definiert ist, wenn der Schalter ( $I_{Ak}$ ) der besagten Reihe A gesperrt ist (während der andere Zellschalter ( $I_{Bk}$ ) der Reihe B Strom führt).

- 8/ - Vorrichtung nach Anspruch 7, dadurch  
 5 gekennzeichnet, daß die Steuerlogikschaltungen ( $LG_k$ ) der-n-Schaltzellen mit Synchronisationsmitteln (SYNCHRO) verbunden sind, die Mittel zur Erzeugung phasenverschobener Dreieckssignale ( $OSCT$ ,  $RET_2$ ,  $RET_1$ ) umfassen, welche in der Lage sind, Steuersignale ( $sd_3$ ,  $sd_2$ ,  $sd_1$ ) der gleichen  
 10 Frequenz  $f$  zu liefern, wobei jedes Signal im Verhältnis zu dem folgenden Signal um  $2\pi/n$  phasenverschoben ist.

- 9/ - Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1, 2, 3, 4 oder 5, wobei die besagte Vorrichtung mit einer Gleichspannungsquelle und einer Quelle symmetrischen  
 15 Wechselstroms verbunden ist, um einen Wechselrichter und/oder einen Gleichrichter zu schaffen, bei dem jede Schaltzelle ( $CL_k$ ) zwei identische Schalter ( $I_{Ak}$ ,  $I_{Bk}$ ) umfaßt, die in bezug auf den Strom umsteuerbar und in bezug auf die Spannung einheitlich gerichtet sind.

- 10/ - Vorrichtung nach Anspruch 9, wobei die besagte Vorrichtung an eine Quelle konstanter Spannung und an eine Quelle symmetrischen Wechselstroms der Frequenz  $f_i$  angeschlossen ist, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuerlogikschaltungen ( $CL_k$ ) der-n-Schaltzellen so  
 25 synchronisiert sind, daß die den beiden Zellen ( $CL_k$ ,  $CL_{k+1}$ ) mit aufeinander folgenden Indexen  $k$  und  $k+1$  zugeführten Steuersignale ( $sc_k$ ,  $sc_{k+1}$ ) den besagten Zellen Logikzustände  $e_k$  und  $e_{k+1}$  vermitteln, so daß:

- . die Logikgröße  $e_k$  UND  $\overline{e_{k+1}}$  periodisch ist und die  
 30 Frequenz  $2f_i$ , die doppelte Frequenz der Stromquelle, aufweist,

- . die Logikgröße  $\overline{e_k}$  UND  $e_{k+1}$  ebenfalls periodisch ist und die gleiche Frequenz  $2f_i$  aufweist,  
 wobei der Logikzustand  $e_k$  einer Zelle als gleich 1 definiert  
 35 ist, wenn der zu der Reihe A gehörende Schalter ( $I_{Ak}$ ) der Zelle Strom führt (während der andere zu der Reihe B gehörende Schalter ( $I_{Bk}$ ) der Zelle gesperrt ist) und als

gleich 0 definiert ist, wenn der Schalter der besagten Reihe A gesperrt ist (während der Zellschalter der Reihe B Strom führt).

- 11/ - Vorrichtung nach Anspruch 10, dadurch
- 5 gekennzeichnet, daß die Steuermittel (GP) so beschaffen sind, daß sie ein symmetrisches Wechselstrombezugssignal (sr) der Frequenz  $f_i$  liefern, sowie dadurch, daß:
- . die Steuerlogikschaltungen ( $LG_k$ ) der-n-Schaltzellen mit Synchronisationsmitteln (SYNCHRO) verbunden sind, die
- 10 Mittel zur Erzeugung von Dreiecksignalen (OSCT,  $RET_2$ ,  $RET_1$ ) umfassen, welche so beschaffen sind, daß sie n symmetrische Dreieck-Wechselstromsignale ( $sd_k$ ) liefern, wobei die besagten Signale die gleiche Amplitude und die gleiche Frequenz  $F$ , die ein Mehrfaches der Frequenz  $f_i$  ist,
- 15 aufweisen und der Zeit nach so versetzt sind, daß das Signal ( $sd_{k+1}$ ) mit dem Index k+1 im Verhältnis zu dem Signal ( $sd_k$ ) mit dem Index k der Zeit nach um einen Wert  $1/nF$  verzögert ist,

- . jede der n Logikschaltungen ( $LG_k$ ) eine
- 20 Vergleichsstufe umfaßt, die das von den Steuermitteln (GP) abgegebene Bezugssignal (sr) sowie ein von den Signalerzeugungsmitteln abgegebenes Dreieckssignal ( $sd_k$ ) empfängt, wobei die Vergleichsstufe mit dem Index k mit der Schaltzelle ( $CL_k$ ) mit dem Index k verbunden ist, so daß sie
- 25 diese in Abhängigkeit von den relativen Werten der beiden von ihr empfangenen Signale (sr,  $sd_k$ ) steuert.

- 12/ - Vorrichtung nach Anspruch 9, wobei die besagte Vorrichtung mit einer Quelle konstanter Spannung und einer Quelle symmetrischen Wechselstroms der Frequenz  $f_i$  in
- 30 Verbindung steht, umfassend zwei Schaltzellen ( $LG_1$ ,  $LG_2$ ;  $n=2$ ),
- dadurch gekennzeichnet, daß die Steuerlogikschaltungen ( $LG_1$ ,  $LG_2$ ) der beiden Schaltzellen so beschaffen sind, daß die Steuersignale ( $sc_1$ ,  $sc_2$ ) eine der Frequenz  $f_i$  der Stromquelle gleiche Frequenz  $F$  aufweisen, wobei die besagten
- 35 Logikschaltungen so synchronisiert sind, daß diese Steuersignale den Zellen ( $CL_1$ ,  $CL_2$ ) Logikzustände  $e_1$  und  $e_2$  vermitteln, die so beschaffen sind, daß  $e_2$  durch

Komplementieren von  $e_1$  und durch Versetzen davon um eine Halbperiode  $1/2F$  gewonnen wird.

13/ - Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1, 2, 3, 4 oder 5, wobei die besagte Vorrichtung mit einer Quelle symmetrischer Wechselspannung und einer Gleichstromspannung in Verbindung steht, um einen Gleichrichter und/oder einen Wechselrichter zu erzielen, bei dem jede Schaltzelle ( $CL_k$ ) zwei identische Schalter ( $I_{Ak}$ ,  $I_{Bk}$ ) umfaßt, die in bezug auf die Spannung umsteuerbar und in bezug auf den Strom einheitlich gerichtet sind.

14/ - Vorrichtung nach Anspruch 13, wobei die besagte Vorrichtung an eine Quelle symmetrischer Wechselspannung der Frequenz  $f_v$  und an eine Gleichstromquelle angeschlossen ist, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuerlogikschaltungen ( $LG_k$ ) der  $n$ -Schaltzellen so synchronisiert sind, daß die den beiden Zellen ( $CL_k$ ,  $CL_{k+1}$ ) mit aufeinander folgenden Indexen  $k$  und  $k+1$  zugeführten Steuersignale den besagten Zellen Logikzustände  $e_k$  und  $e_{k+1}$  vermitteln, die so beschaffen sind, daß je Periode  $1/F$  der Unterschied zwischen der Dauer des Zustands  $\overline{e_k}$  UND  $e_{k+1} = 1$  und der Dauer des Zustands  $e_k$  UND  $\overline{e_{k+1}}$  im wesentlichen gleich

$$\frac{c_k}{I} \cdot \frac{k}{n} |V_0 - V_1|$$

ist,

wobei  $c_k$  die Kapazität des Kondensators mit dem Index  $k$  ist,

$I$  der Stromwert der Stromquelle ist,

$V_0$  die Spannung an den Klemmen der Spannungsquelle zu Beginn der betreffenden Periode  $1/F$  und  $V_1$  diese Spannung bei Abschluß der besagten Periode ist,

wobei der Logikzustand  $e_k$  einer Zelle ( $CL_k$ ) als gleich 1 definiert ist, wenn der zu der Reihe A gehörende Zellenschalter ( $I_{Ak}$ ) Strom führt (während der Zellenschalter ( $I_{Bk}$ ) der Reihe B gesperrt ist), und als 0 definiert ist, wenn der Schalter der besagten Reihe A gesperrt ist (während

der Zellschalter der Reihe B Strom führt).

- 15/ - Vorrichtung nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuermittel (GP) so beschaffen sind, daß sie ein symmetrisches Wechselstrombezugssignal (sr) der Frequenz  $f_v$  liefern, sowie dadurch, daß die Steuerlogikschaltungen ( $LG_k$ ) der  $n$ -Schaltzellen mit Synchronisationsmitteln (SYNCHRO) verbunden sind, umfassend:
- . Mittel zur Erzeugung von Dreiecksignalen ( $OSCT$ ,  $RET_2$ ,  $RET_1$ ), die so beschaffen sind, daß sie  $n$  symmetrische Wechselstrom-Dreiecksignale ( $sd_k$ ) liefern, wobei die besagten Signale die gleiche Amplitude und die gleiche Frequenz  $F$ , ein Vielfaches der Frequenz  $f_v$ , aufweisen und der Zeit nach so versetzt sind, daß das Signal ( $sd_{k+1}$ ) mit dem Index  $k+1$  im Verhältnis zu dem Signal ( $sd_k$ ) mit dem Index  $k$  der Zeit nach um einen Wert  $1/nF$  versetzt ist,
  - . Korrekturmittel ( $COR_k$ ), die das von den Steuermitteln (GP) abgegebene Bezugssignal (sr) empfangen und so beschaffen sind, daß sie korrigierte Bezugssignale ( $sg_k$ ) der relativen Amplitude  $g_k$  liefern, die zu der der Dreiecksignale ( $sd_k$ ) im Verhältnis steht, so daß

$$\left| g_k - g_{k+1} \right| = 2 \frac{c_k}{I} \cdot \frac{k}{n} \left| V_0 - V_1 \right| \cdot F$$

- . die  $n$  Logikschaltungen ( $LG_k$ ), von denen jede eine Vergleichsstufe umfaßt, die ein Dreieckssignal ( $sd_k$ ) und ein korrigiertes Bezugssignal ( $sg_k$ ) empfängt, wobei die Vergleichsstufe mit dem Index  $k$  mit der Schaltzelle ( $CL_k$ ) mit dem Index  $k$  in Verbindung steht, so daß sie diese in Abhängigkeit von den relativen Werten der beiden von ihr empfangenen Signale ( $sd_k$ ,  $sg_k$ ) steuert.

- 16/ - Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1, 2, 3, 4 oder 5, wobei die besagte Vorrichtung mit einer Quelle symmetrischer Wechselspannung und mit einer Quelle symmetrischen Wechselstroms in Verbindung steht, um einen Wechselstromumformer zu erzielen, bei dem jede Schaltzelle ( $CL_k$ ) zwei identische Schalter ( $I_{Ak}$ ,  $I_{Bk}$ ) umfaßt, die in



bezug auf Strom und Spannung umsteuerbar sind.

- 17/ - Vorrichtung nach Anspruch 16, wobei die besagte Vorrichtung mit einer Quelle symmetrischer Wechselspannung der Frequenz  $f_v$  und mit einer Quelle symmetrischen Wechselstroms der Frequenz  $f_i$  in Verbindung steht, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuerlogikschaltungen ( $LG_n$ ) der-n-Schaltzellen so synchronisiert sind, daß die den beiden Zellen ( $CL_k, CL_{k+1}$ ) mit aufeinander folgenden Indexen  $k$  und  $k+1$  zugeführten Steuersignale ( $sc_k, sc_{k+1}$ ) den besagten Zellen Logikzustände  $e_k$  und  $e_{k+1}$  vermitteln, so daß je Periode  $1/F$  der Unterschied zwischen der Dauer des Zustands  $\overline{e_k} + e_{k+1} = 1$  und der Dauer des Zustands  $e_k + \overline{e_{k+1}} = 1$  im wesentlichen gleich

$$15 \quad 2c_k \cdot \frac{k}{n} \cdot \frac{V_0 - V_1}{I_0 + I_1}$$

ist,

- wobei  $c_k$  die Kapazität des Kondensators mit dem Index  $k$ ,  
 20  $I_0$  und  $V_0$  die Werte der Strom- und Spannungsquellen zu Beginn der betreffenden Periode  $1/F$  sind  
 und  $I_1$  und  $V_1$  diese Werte bei Abschluß der besagten Periode sind,  
 wobei der Logikzustand  $e_k$  einer Zelle als gleich 1 definiert  
 25 ist, wenn der zu der Reihe A gehörende Zellenschalter ( $I_{Ak}$ ) Strom führt (während der Zellenschalter ( $I_{Bk}$ ) der Reihe B gesperrt ist) und als gleich 0 definiert ist, wenn der Schalter der besagten Reihe A gesperrt ist (während der Zellenschalter der Reihe B Strom führt).

- 30 18/ - Vorrichtung nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuerlogikschaltungen ( $LG_k$ ) der-n-Schaltzellen mit Synchronisierungsmitteln (SYNCHRO) verbunden sind, umfassend:

- . Mittel zur Erzeugung von Dreiecksignalen (OSCT, RET<sub>2</sub>, RET<sub>1</sub>), die so beschaffen sind, daß sie  $n$  symmetrische Wechselstrom-Dreiecksignale ( $sd_k$ ) liefern, wobei die besagten Signale die gleiche Amplitude und die gleiche

Frequenz  $F$ , die höher ist als die Frequenzen  $f_i$  und  $f_v$ , aufweisen und der Zeit nach so versetzt sind, daß das Signal ( $sd_{k+1}$ ) mit dem Index  $k+1$  in Verhältnis zu dem Signal ( $sd_k$ ) mit dem Index  $k$  der Zeit nach um einen Wert  $1/nF$  verzögert ist,

. Korrekturmittel ( $COR_k$ ), die das von den Steuermitteln (GP) abgegebene Bezugssignal ( $sr$ ) empfangen und so beschaffen sind, daß sie korrigierte Bezugssignale ( $sg_k$ ) der relativen Amplitude  $g_k$  liefern, die im Verhältnis zu der Amplitude der Dreieckssignale ( $sd_k$ ,  $sg_k$ ) steht, so daß

$$\left| g_k - g_{k+1} \right| = \frac{4c_k}{I_0 + I_1} \cdot \frac{k}{n} \left| \dot{V}_0 - V_1 \right| \cdot F$$

ist

. die  $n$  Logikschaltungen ( $LG_k$ ), von denen jede eine Vergleichsstufe umfaßt, die ein Dreieckssignal ( $sd_k$ ) und ein korrigiertes Bezugssignal ( $sg_k$ ) empfängt, wobei die Vergleichsstufe mit dem Index  $k$  mit der Schaltzelle ( $CL_k$ ) mit dem Index  $k$  in Verbindung steht, so daß sie diese in Abhängigkeit von den relativen Werten der beiden von ihr empfangenen Signale ( $sd_k$ ,  $sg_k$ ) steuert.

19/ - Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 18, umfassend zwei Schaltzellen.

20/ - Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 18, umfassend drei Schaltzellen.



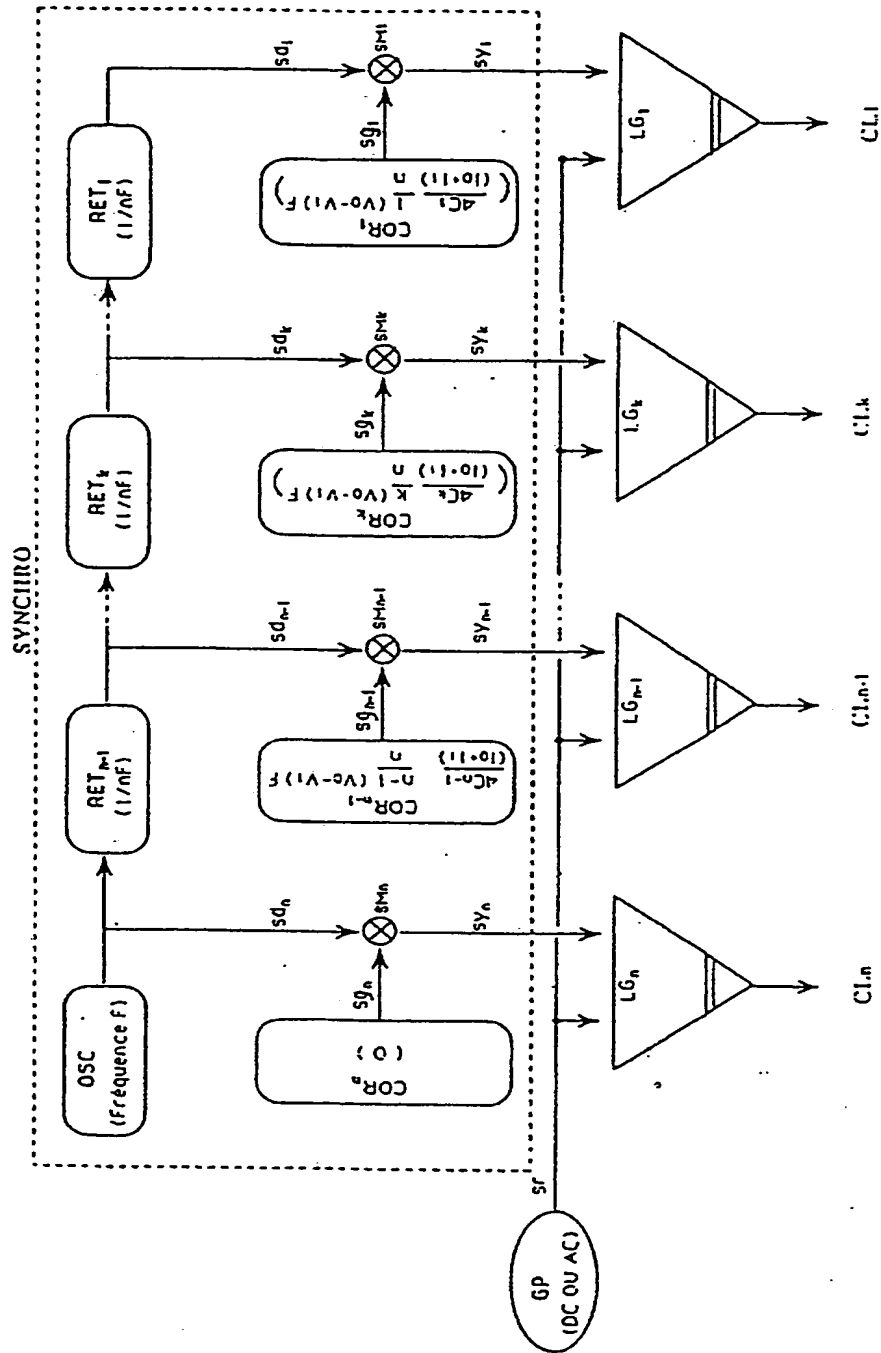


Fig. 2

Fig. 3a

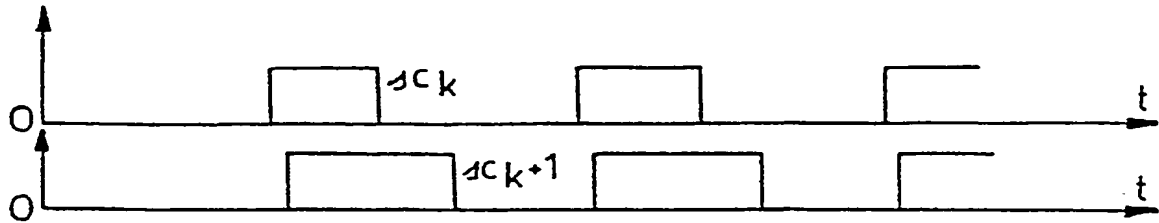


Fig. 3b

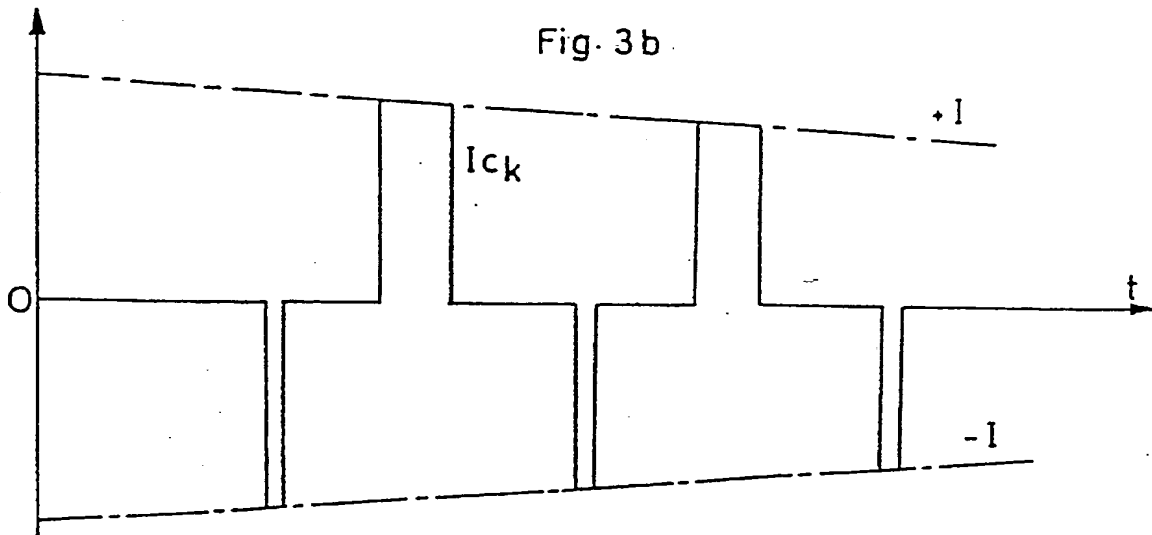
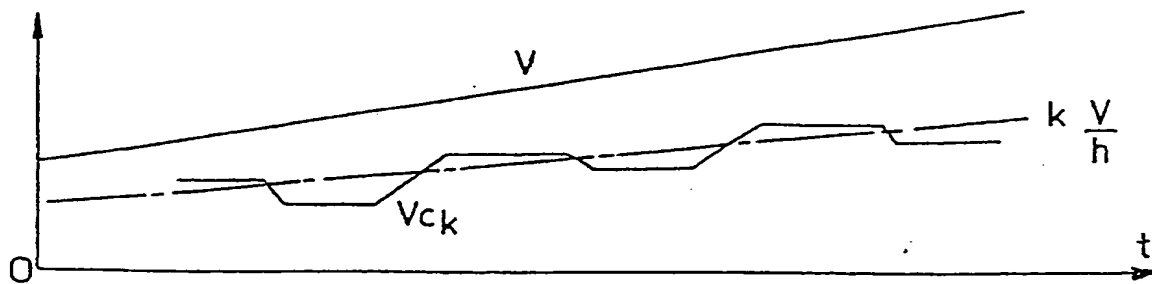


Fig. 3c



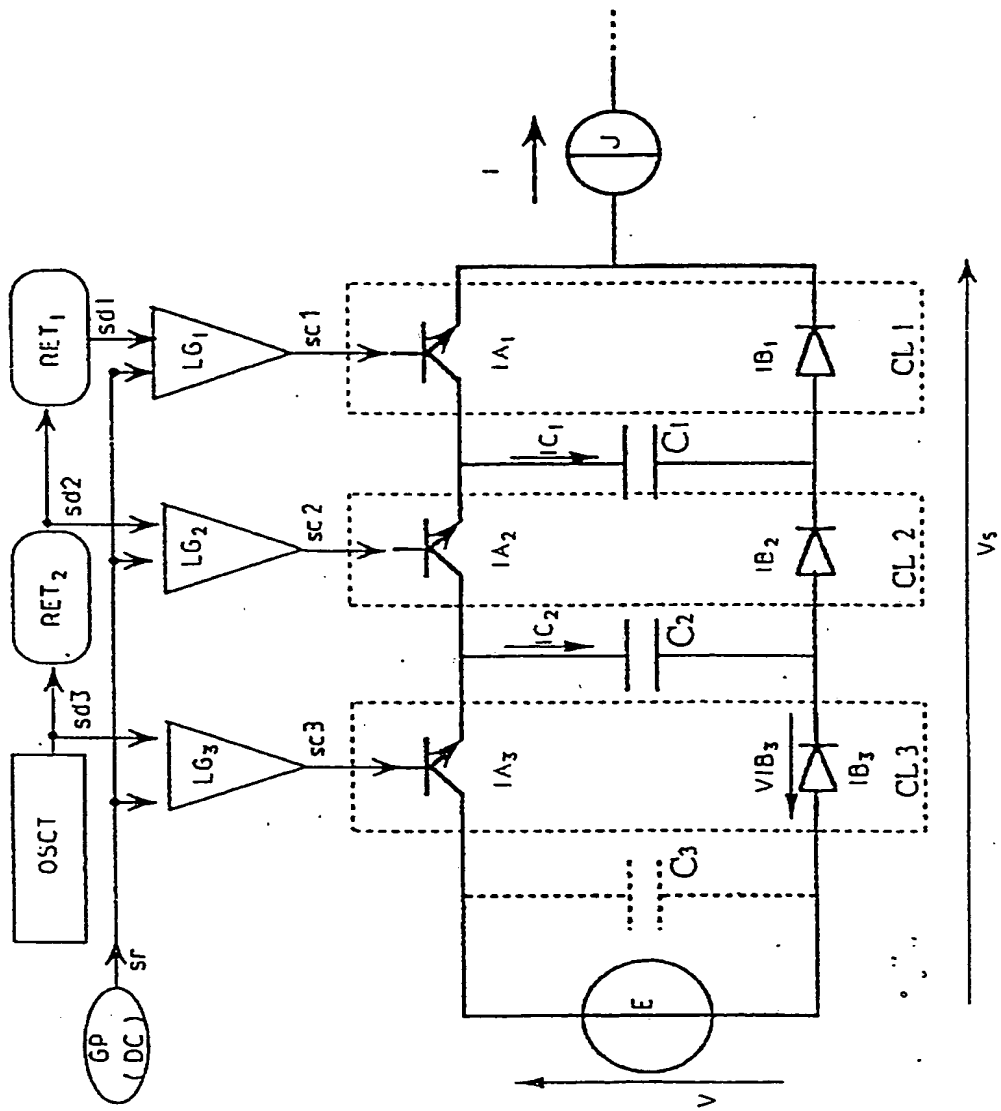


Fig.4

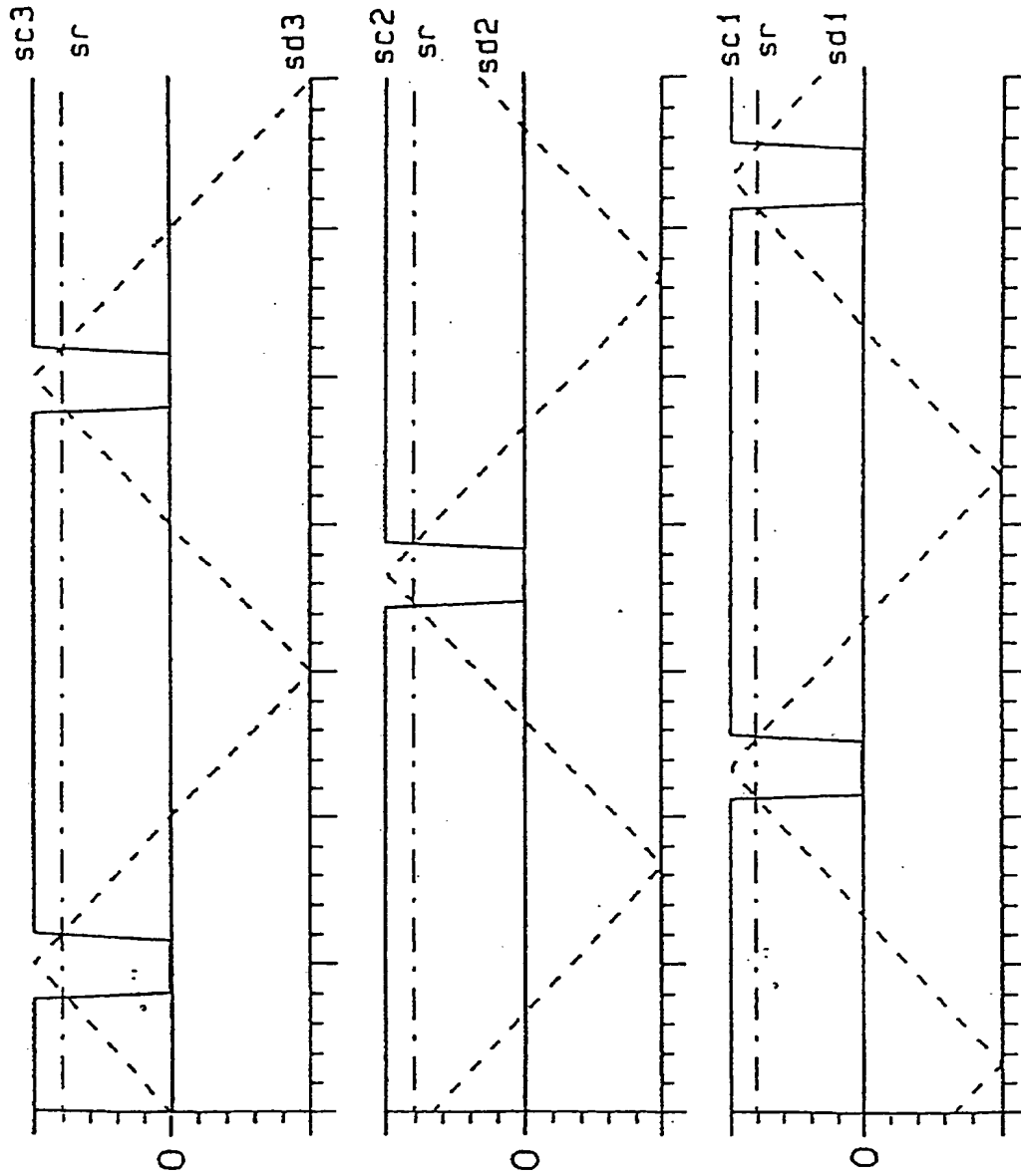


Fig. 5

6/27

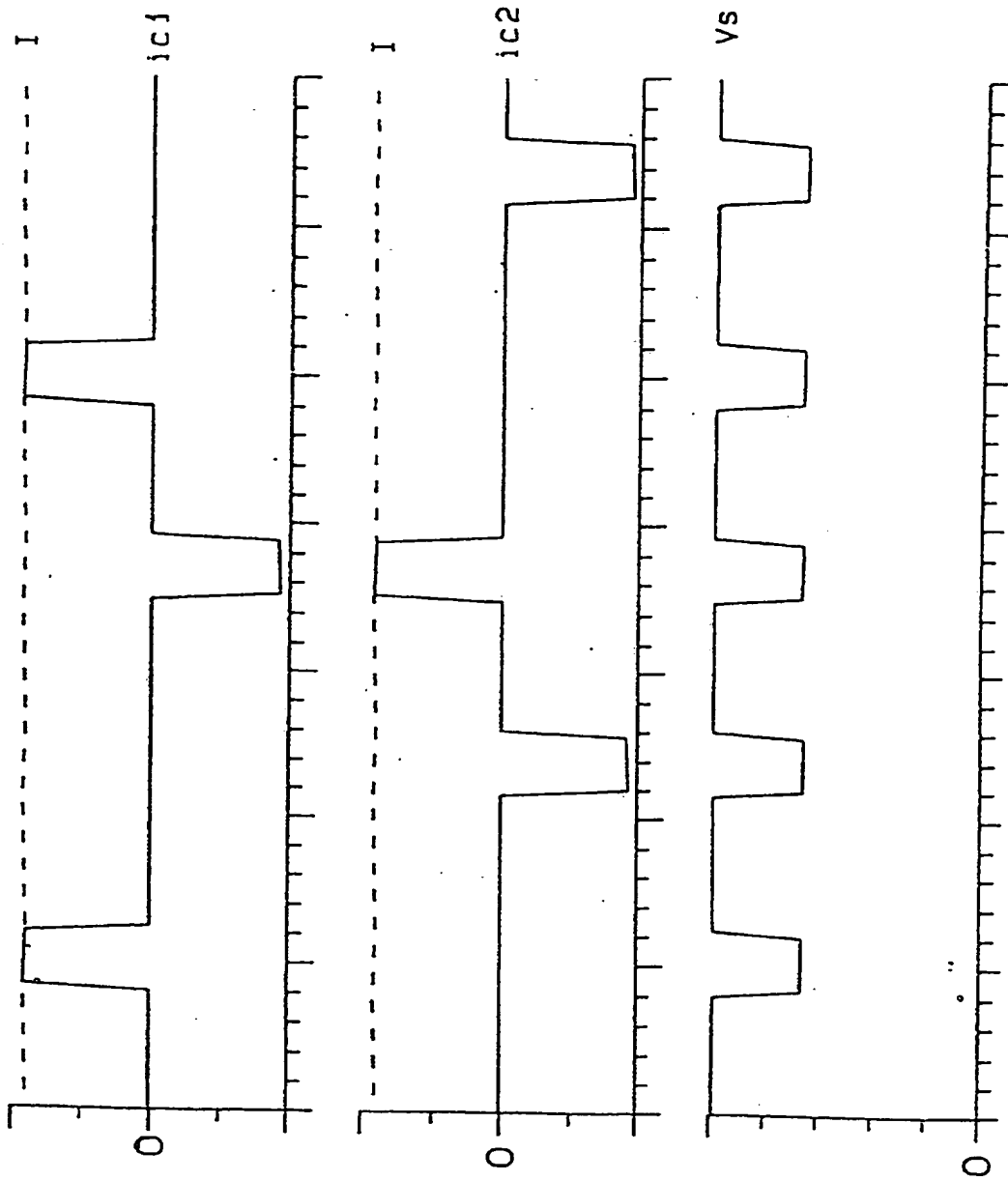


Fig. 6



7/27

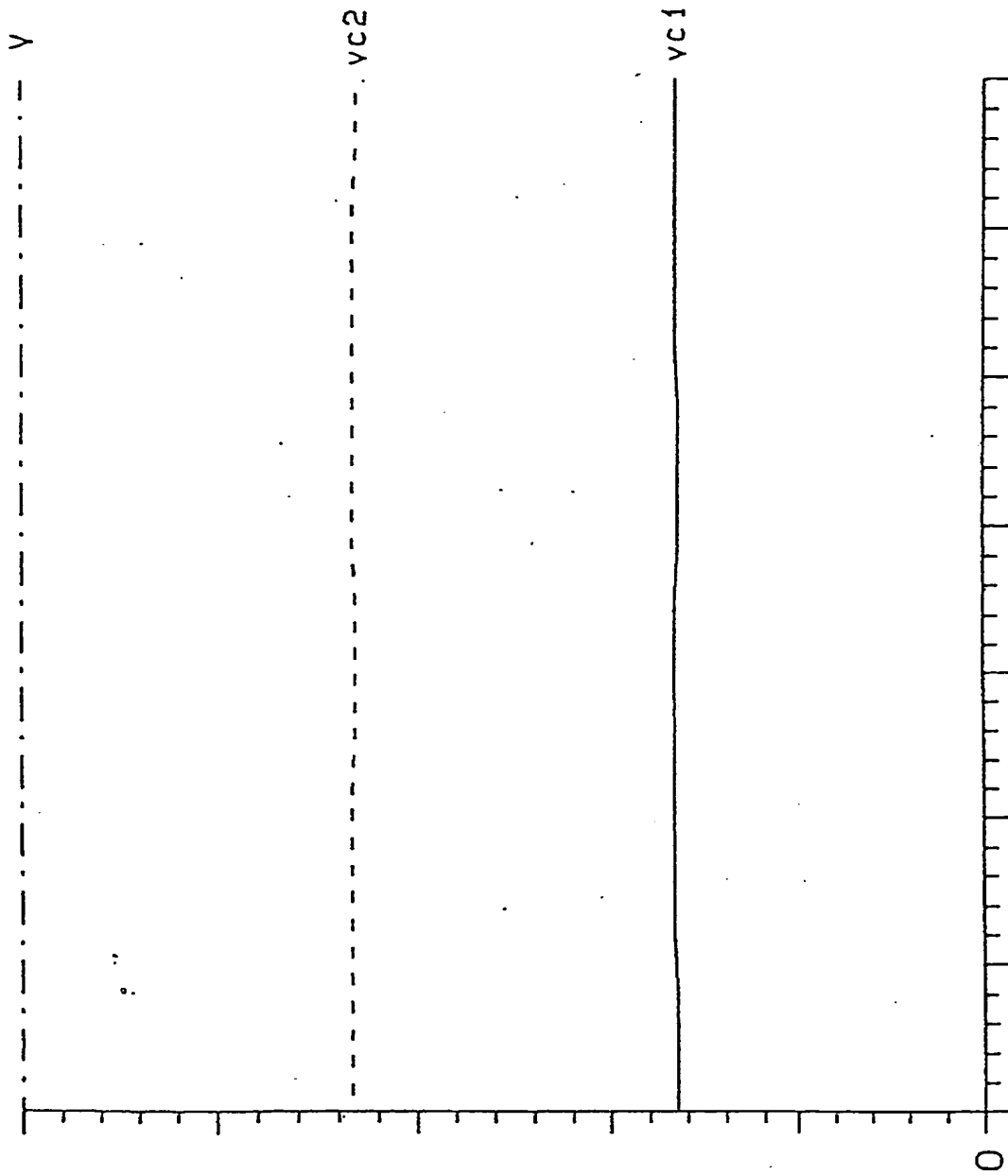


Fig. 7

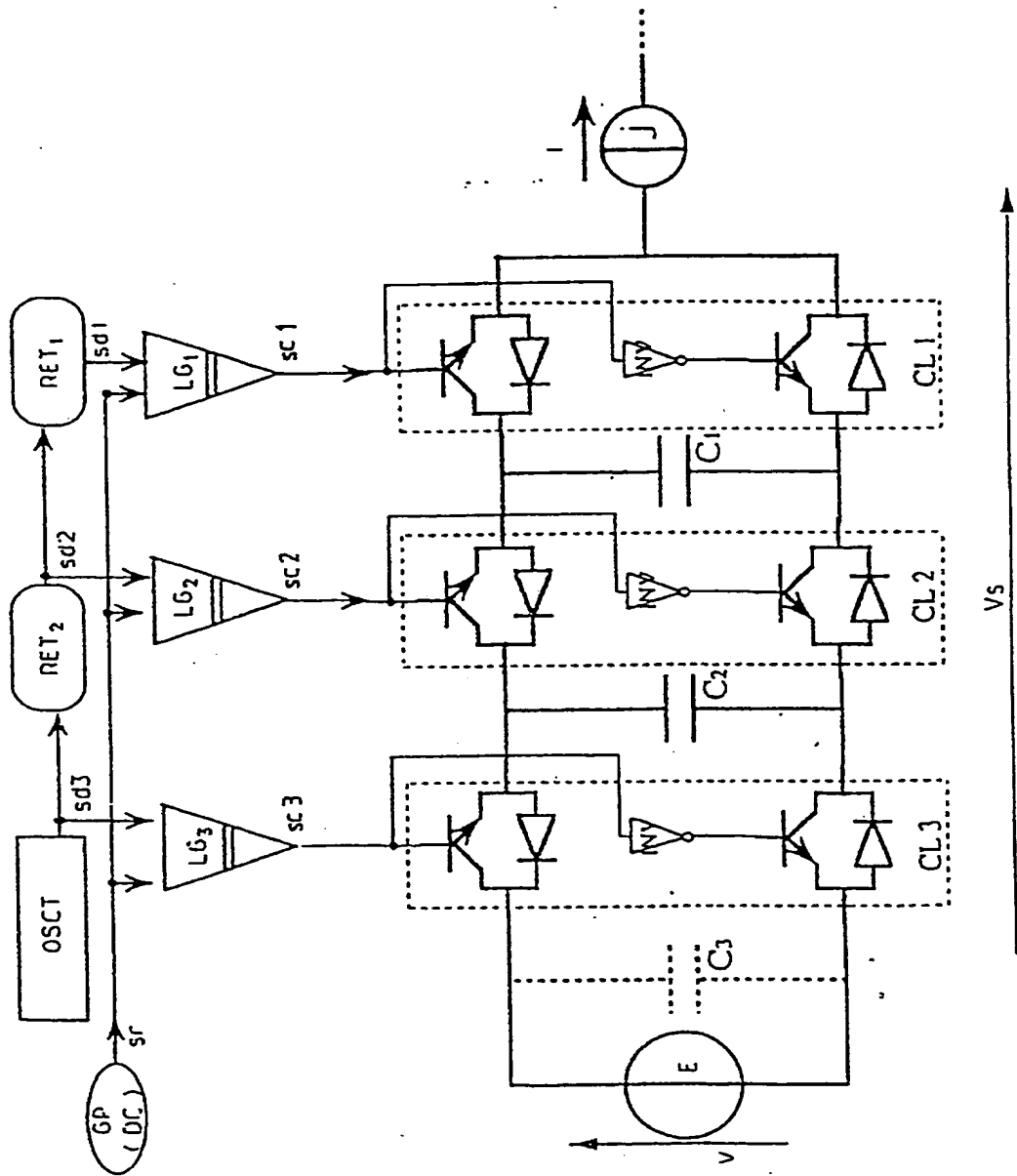


Fig. 8

9/27

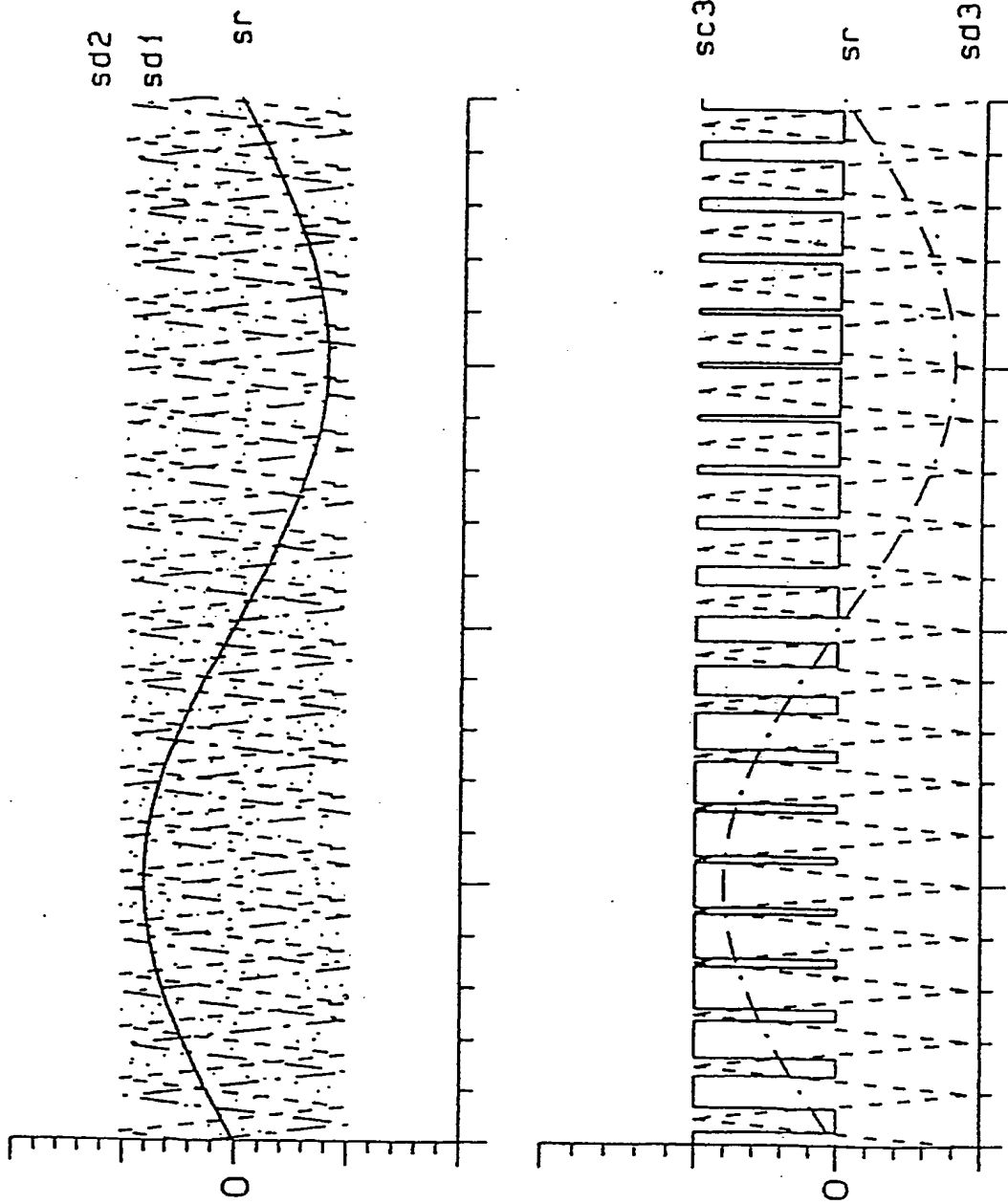


Fig. 9

10/27

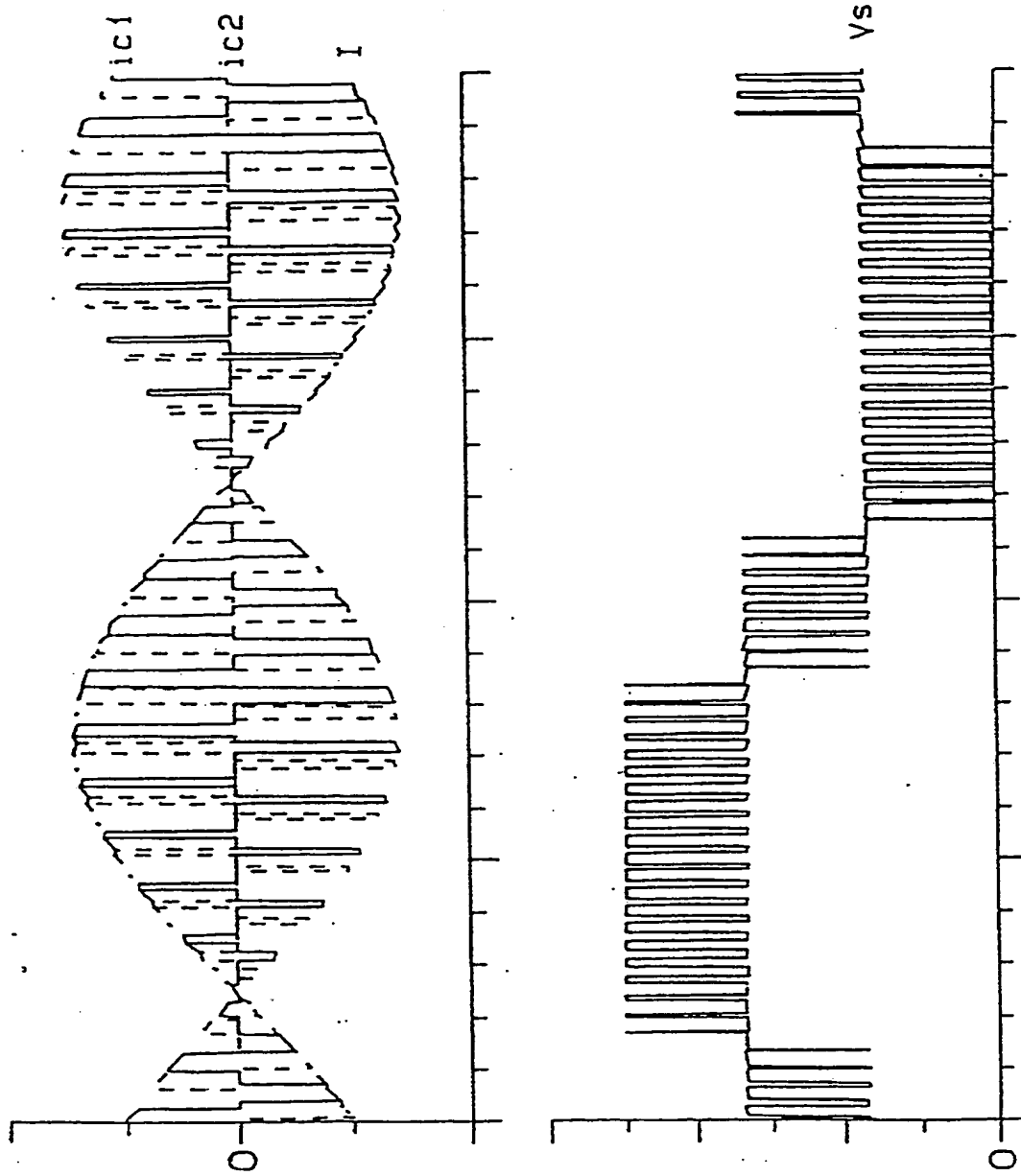


Fig. 10

11/27

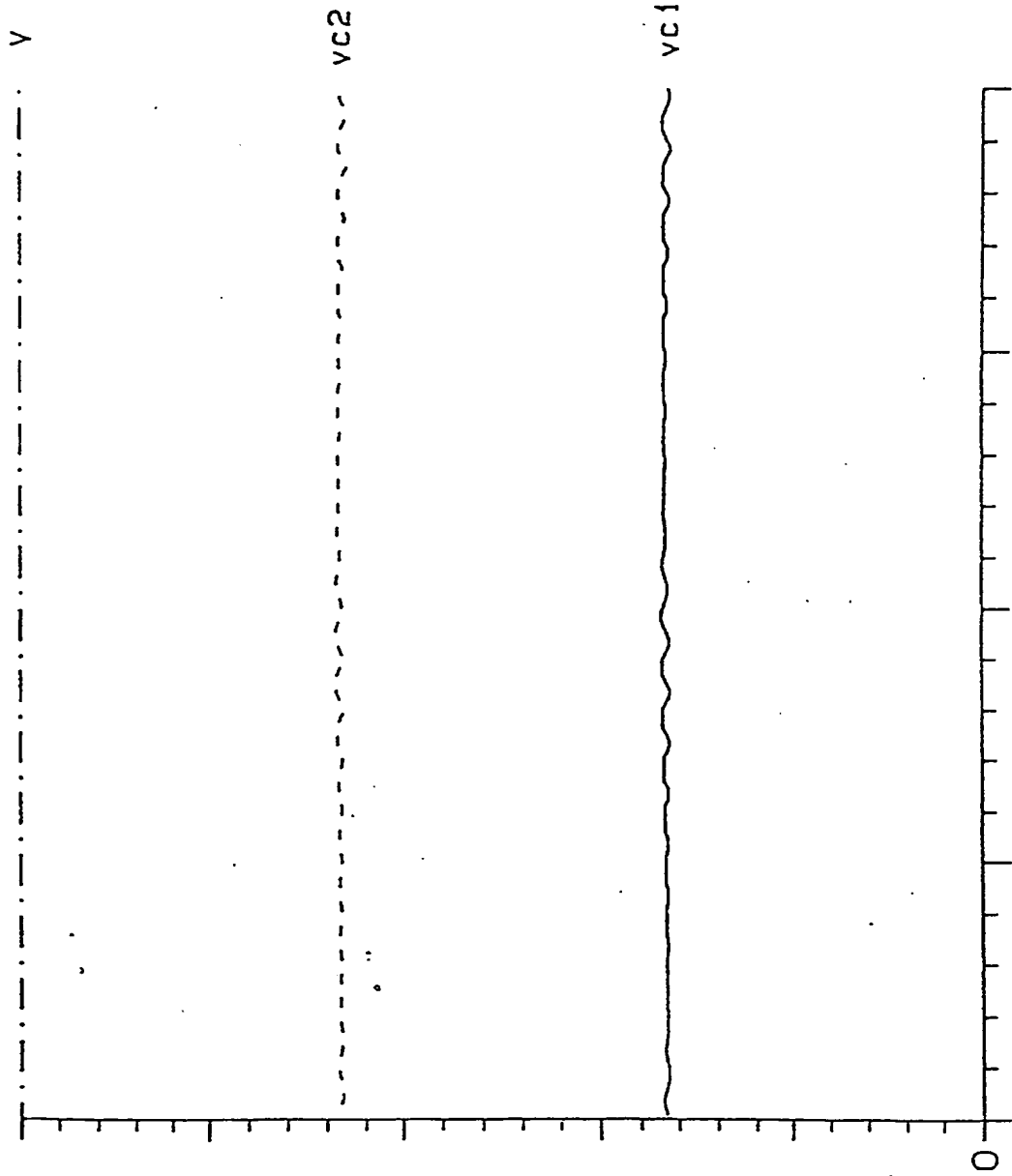


Fig. 11

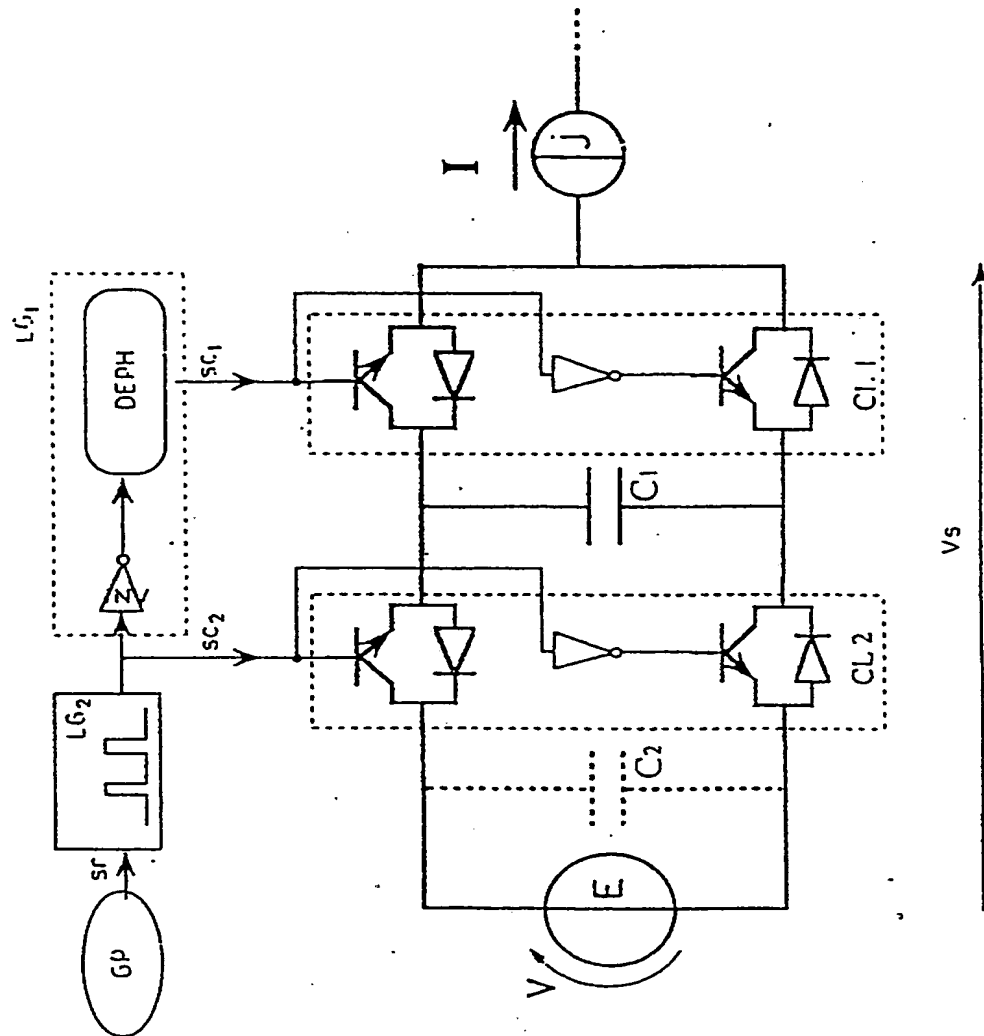


Fig. 12

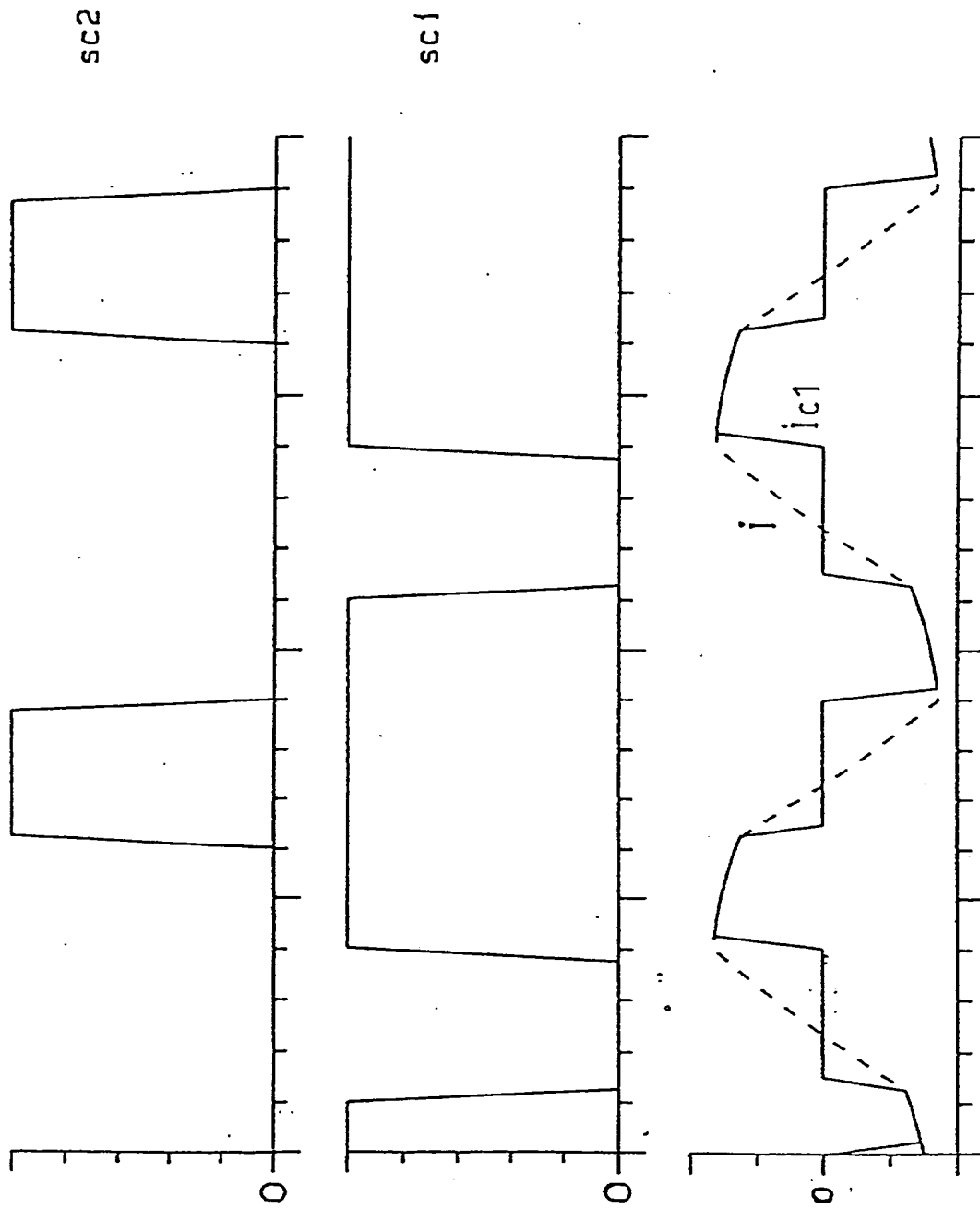


Fig. 13

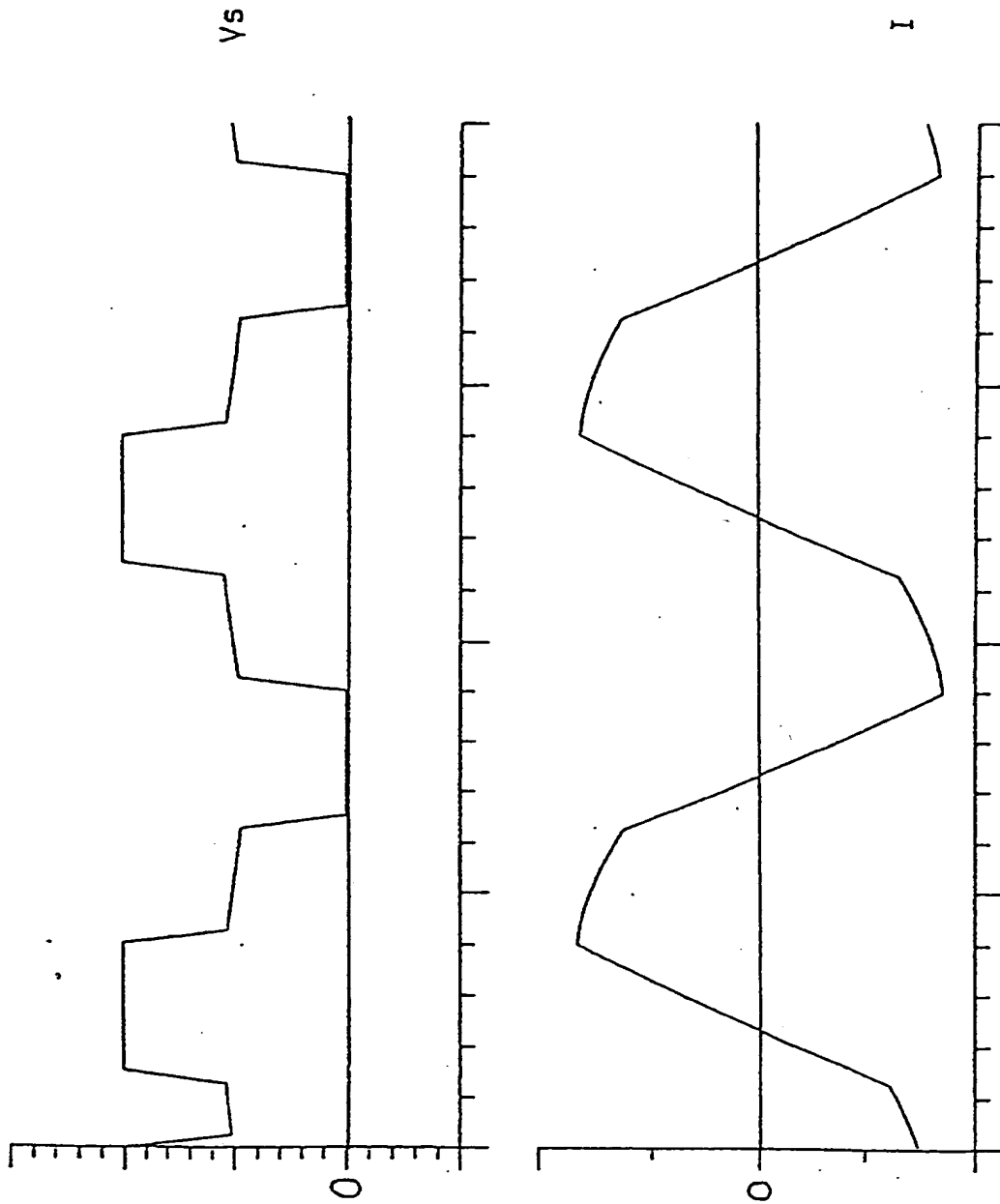


Fig. 14



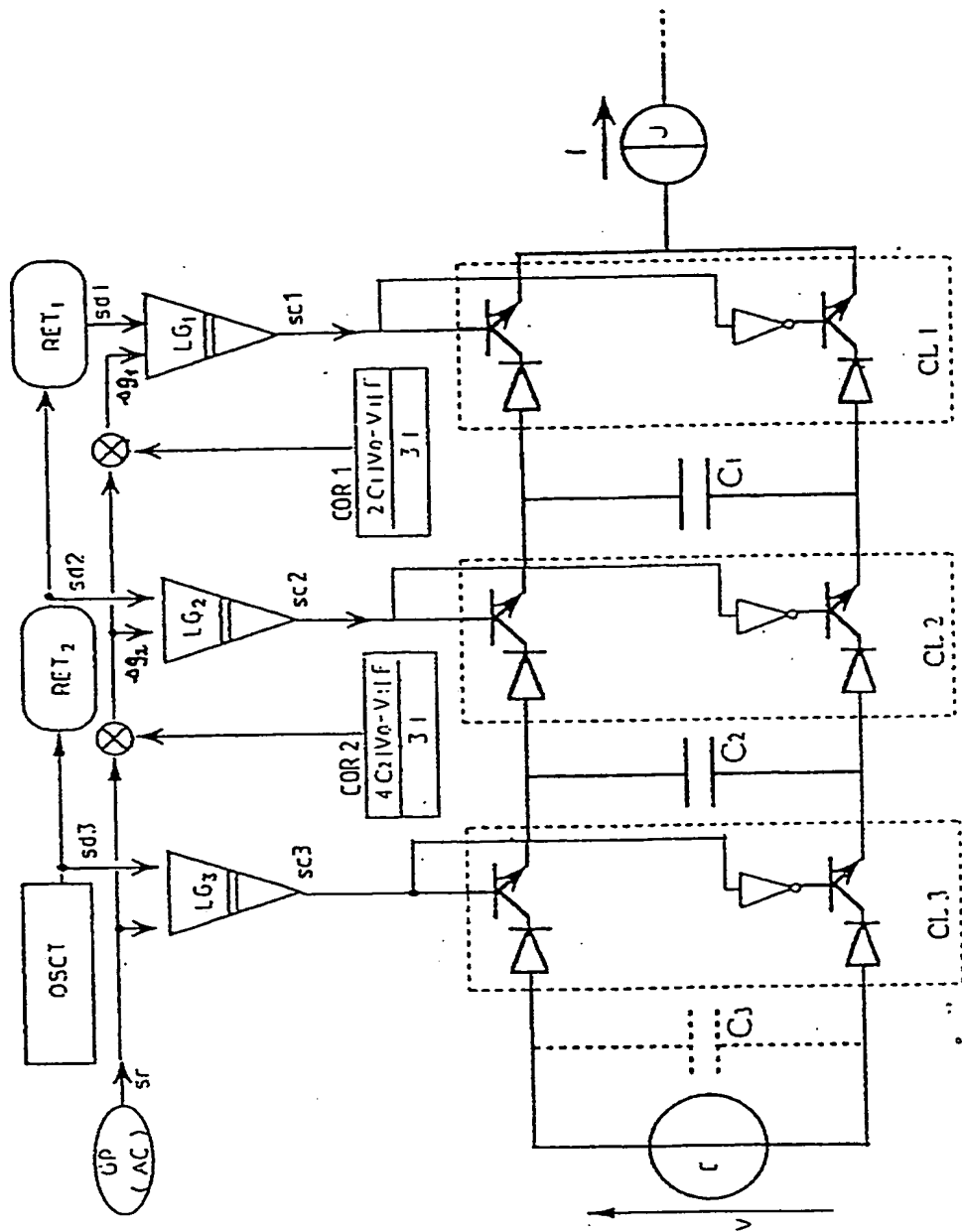
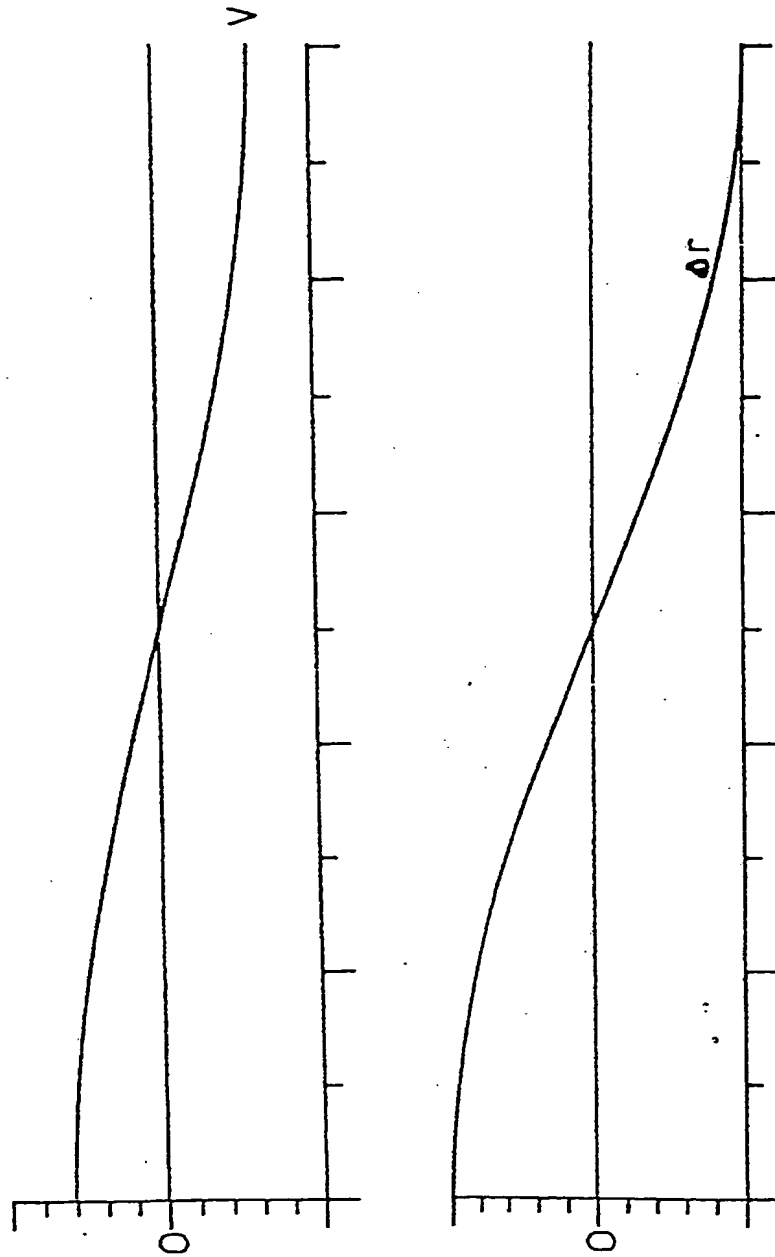


Fig. 15

Fig. 16



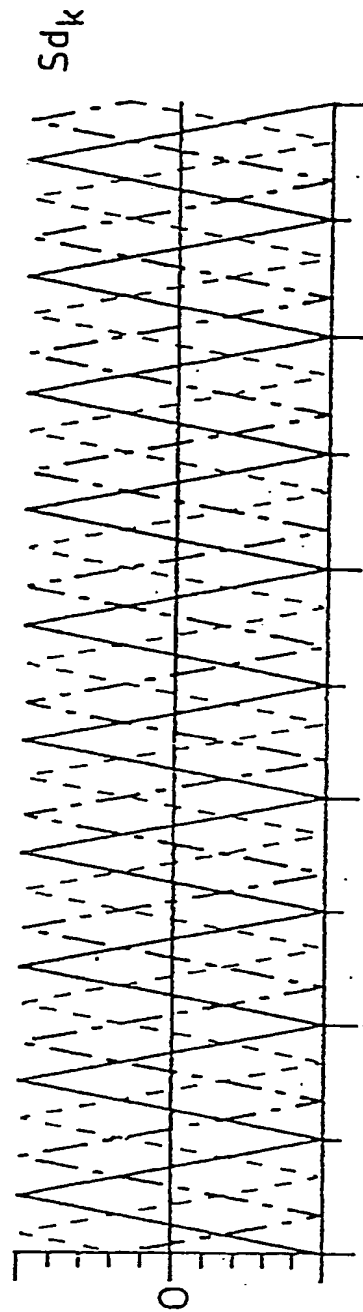


Fig.17

Fig. 18

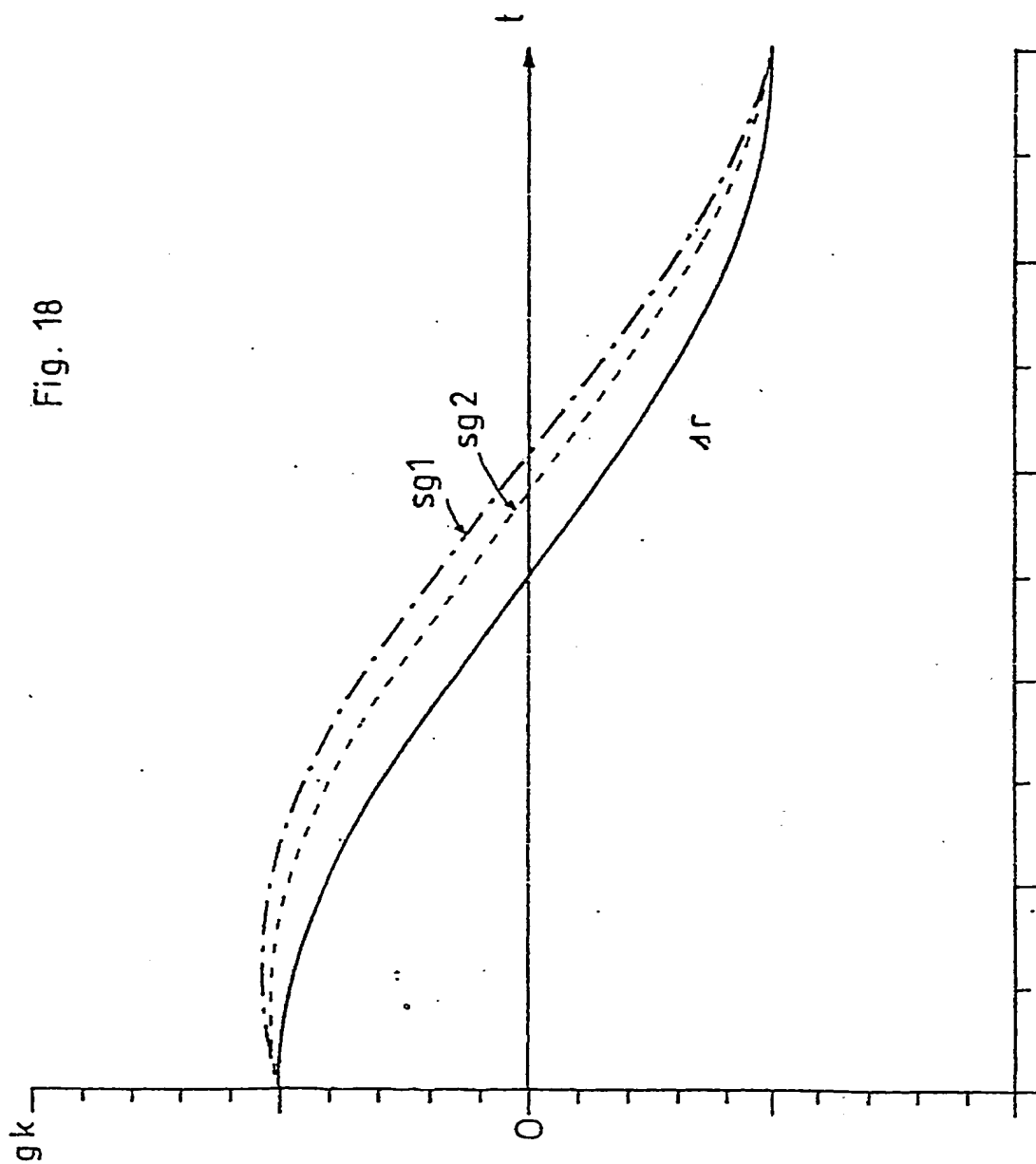
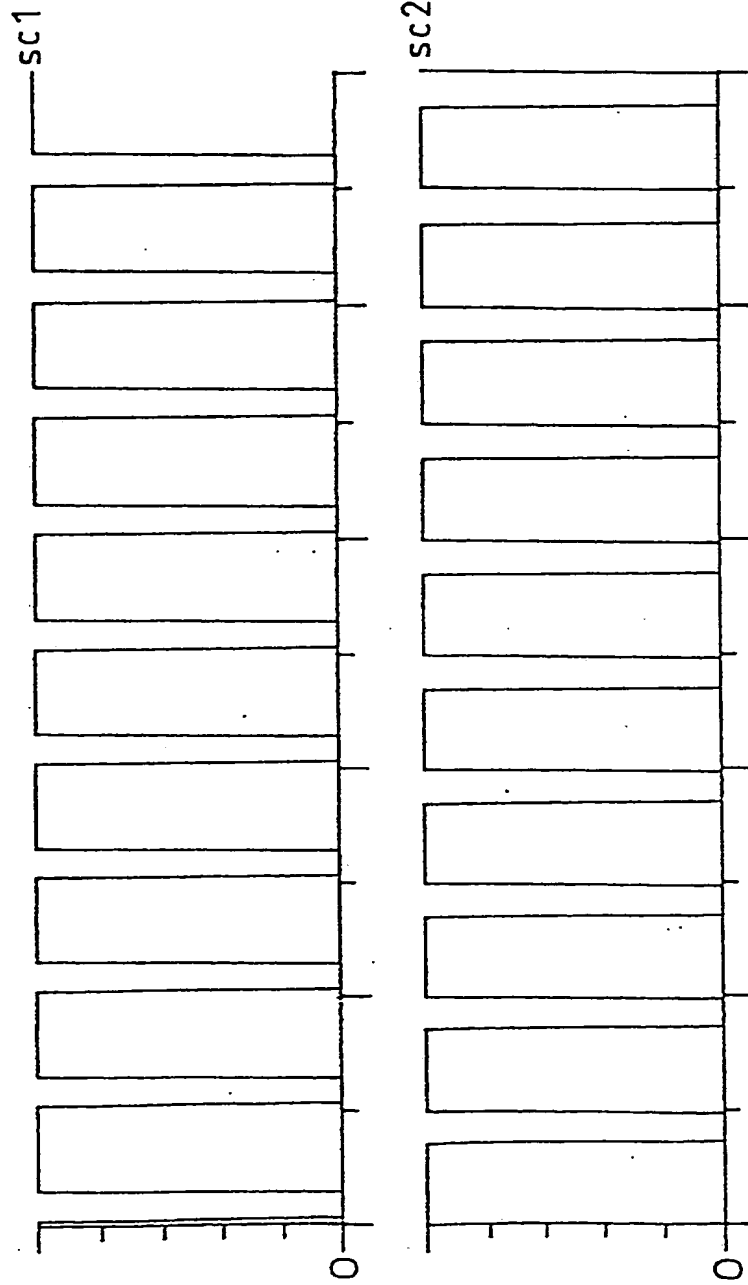


Fig. 19



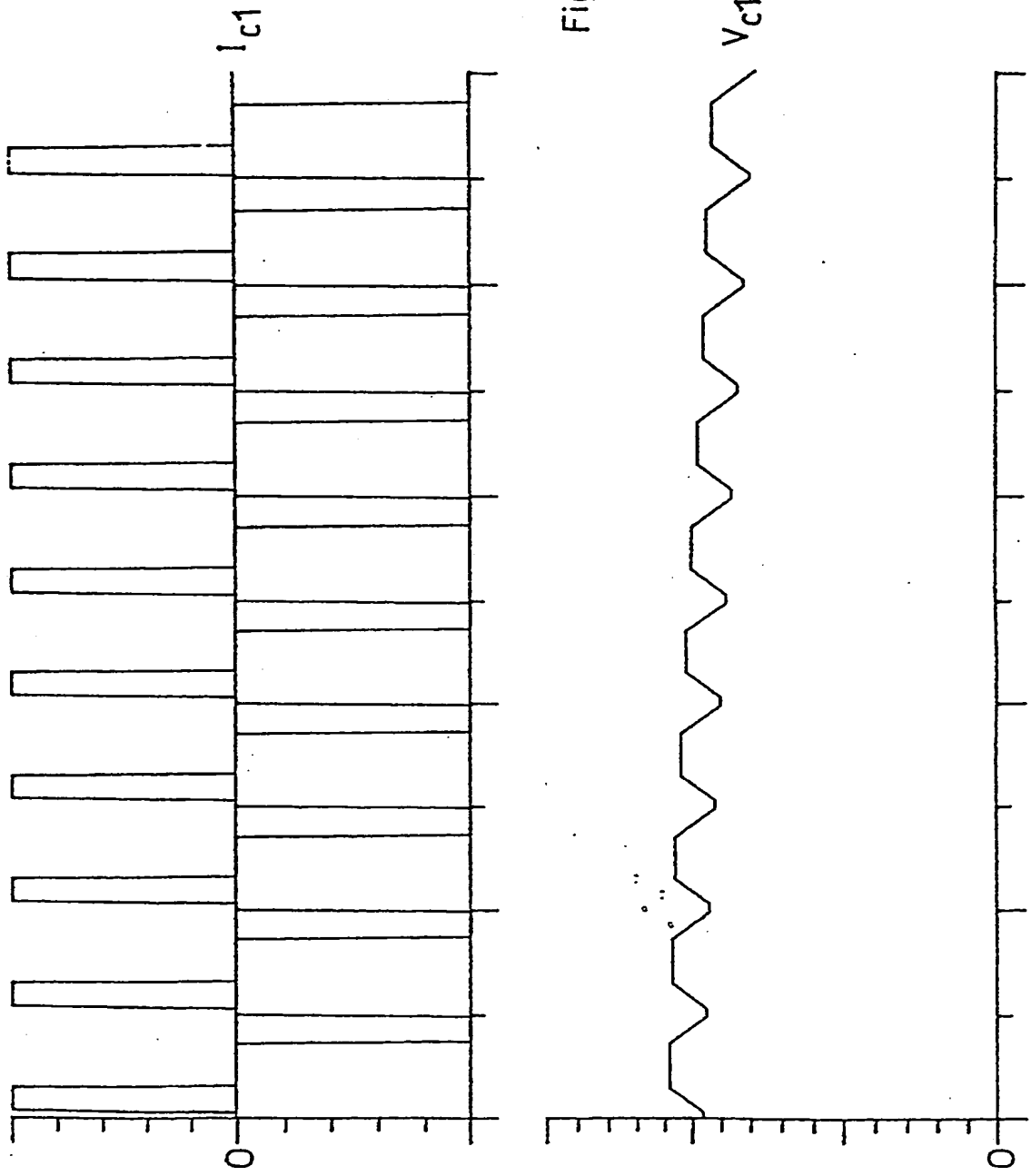
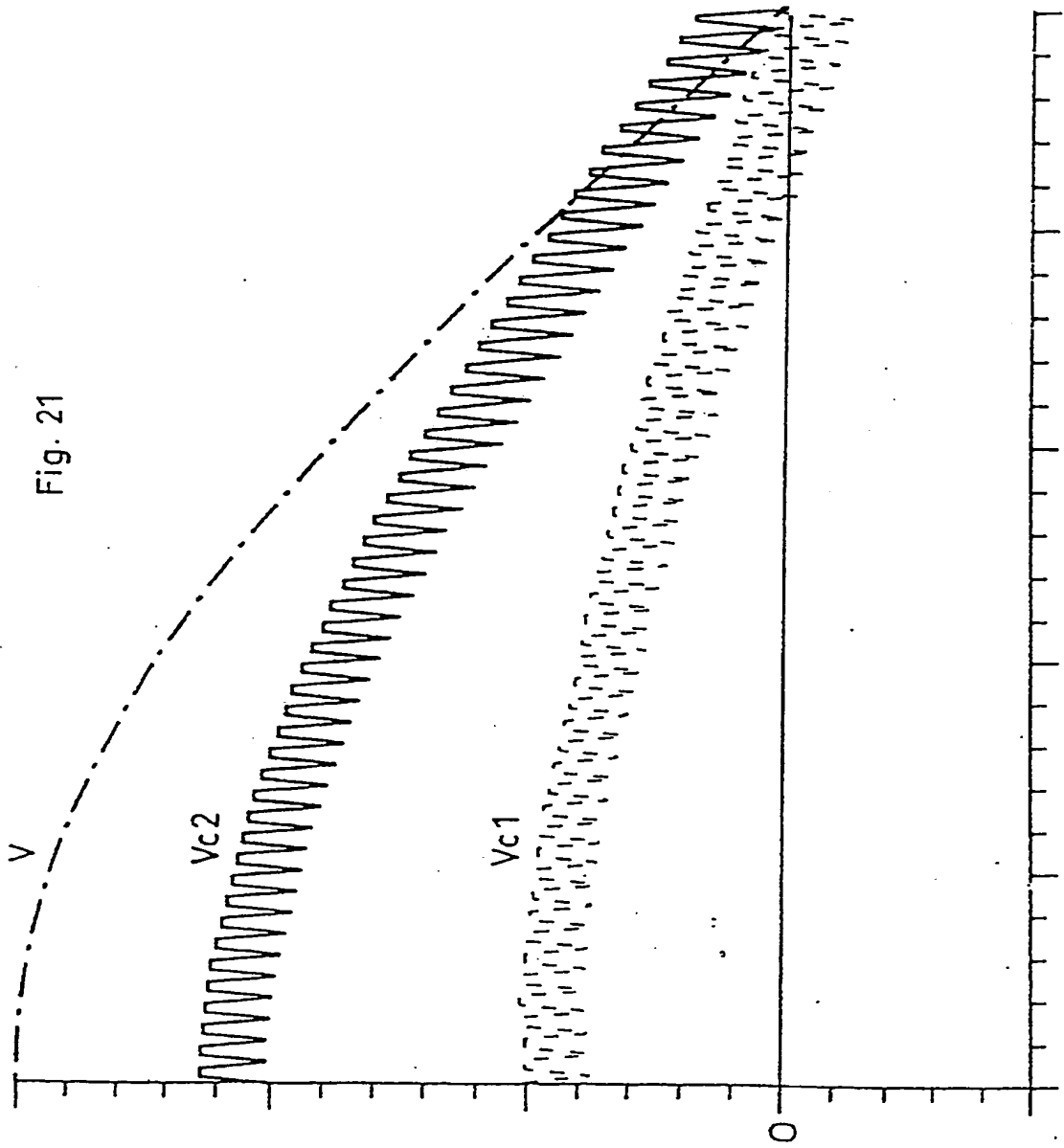


Fig. 20



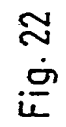




Fig. 23

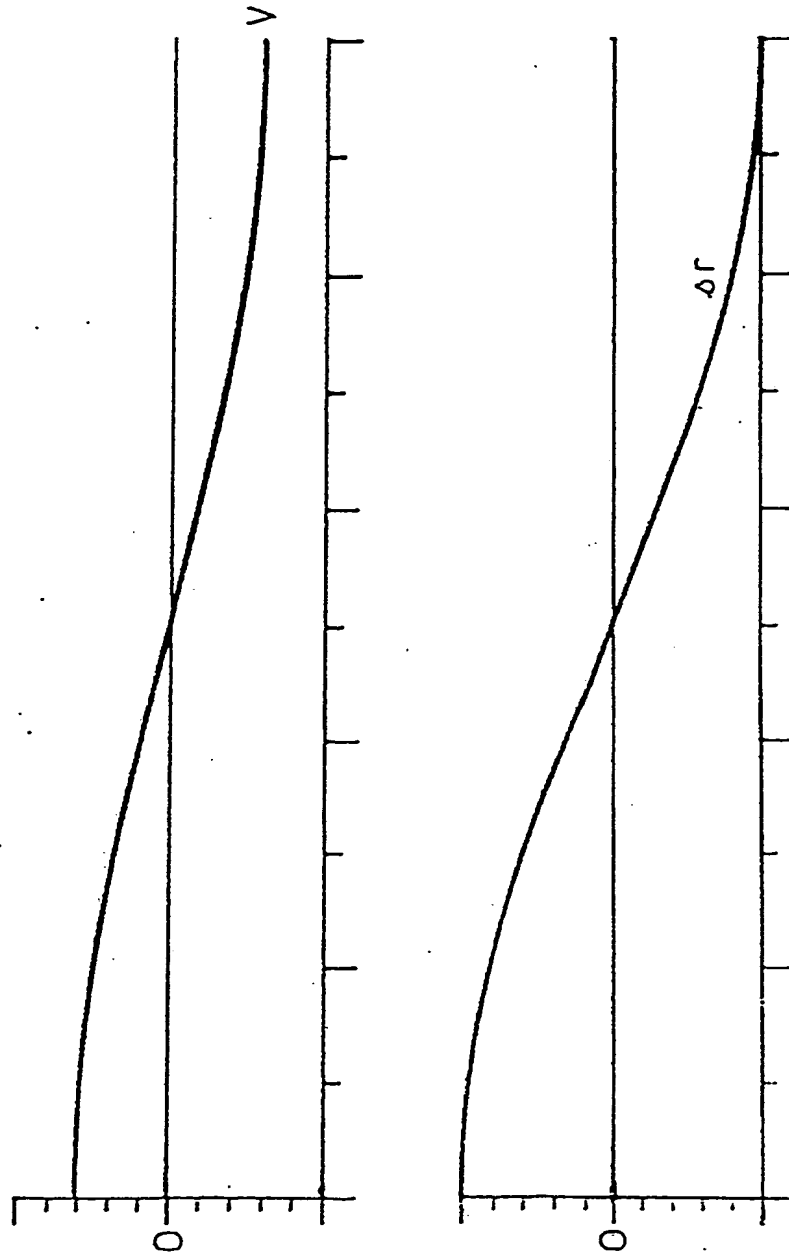
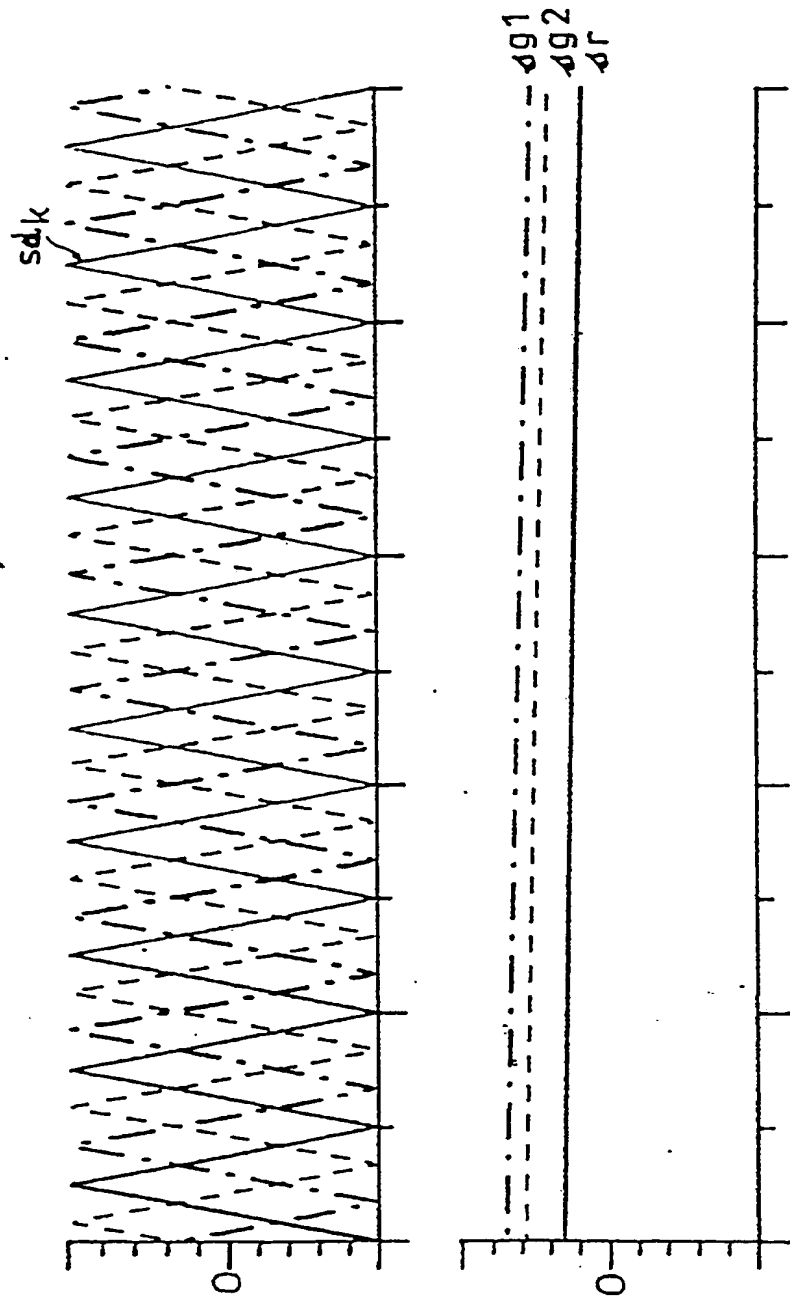


Fig. 24



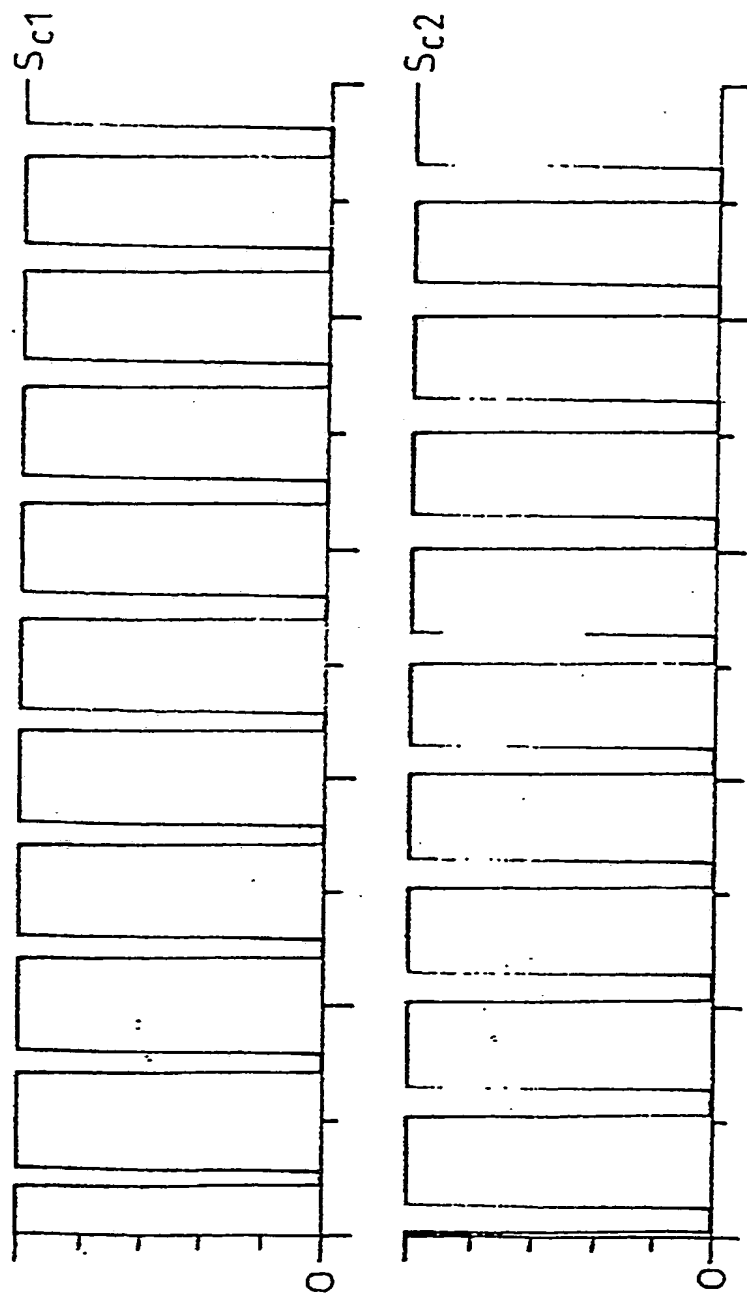


Fig 25

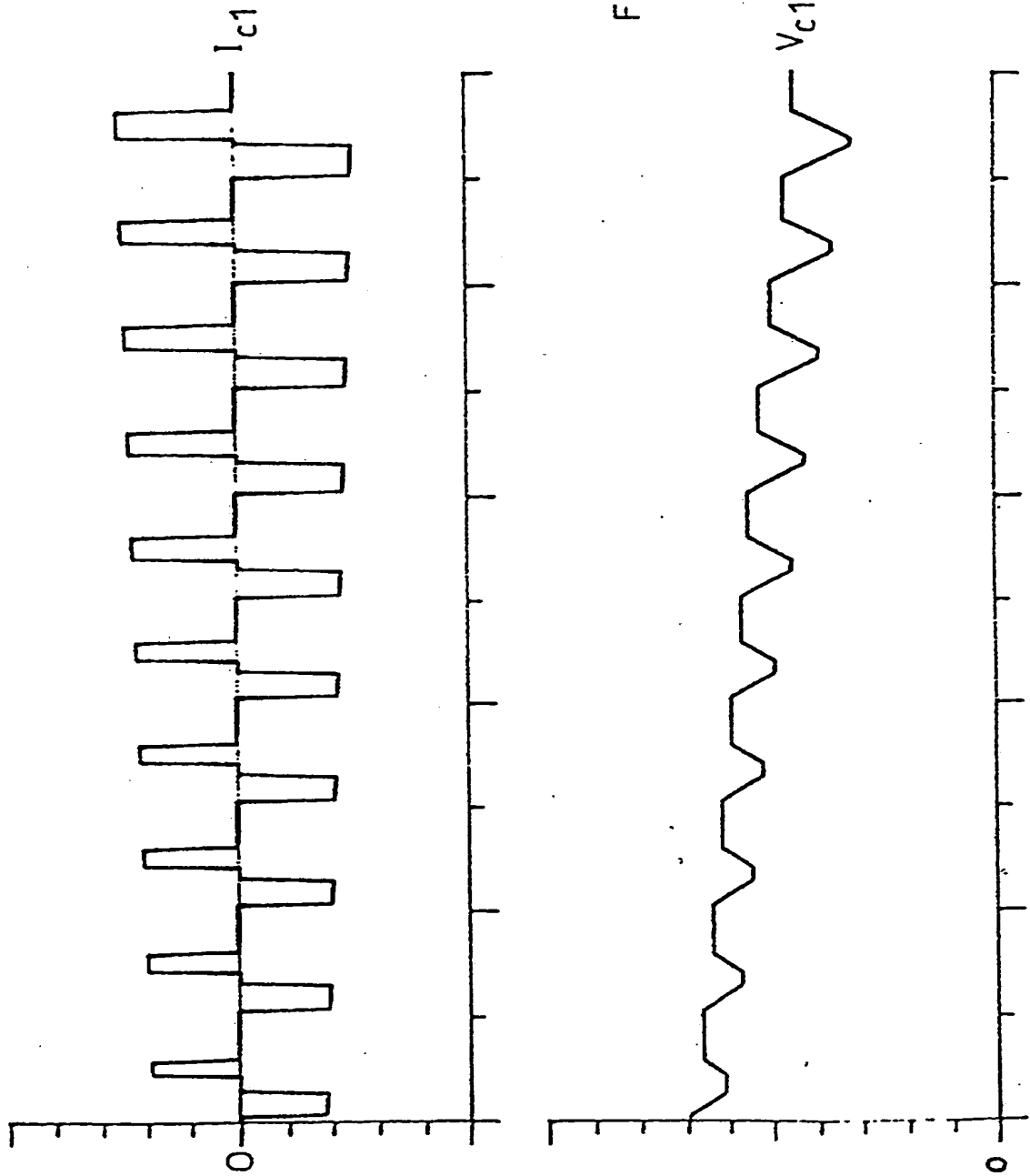
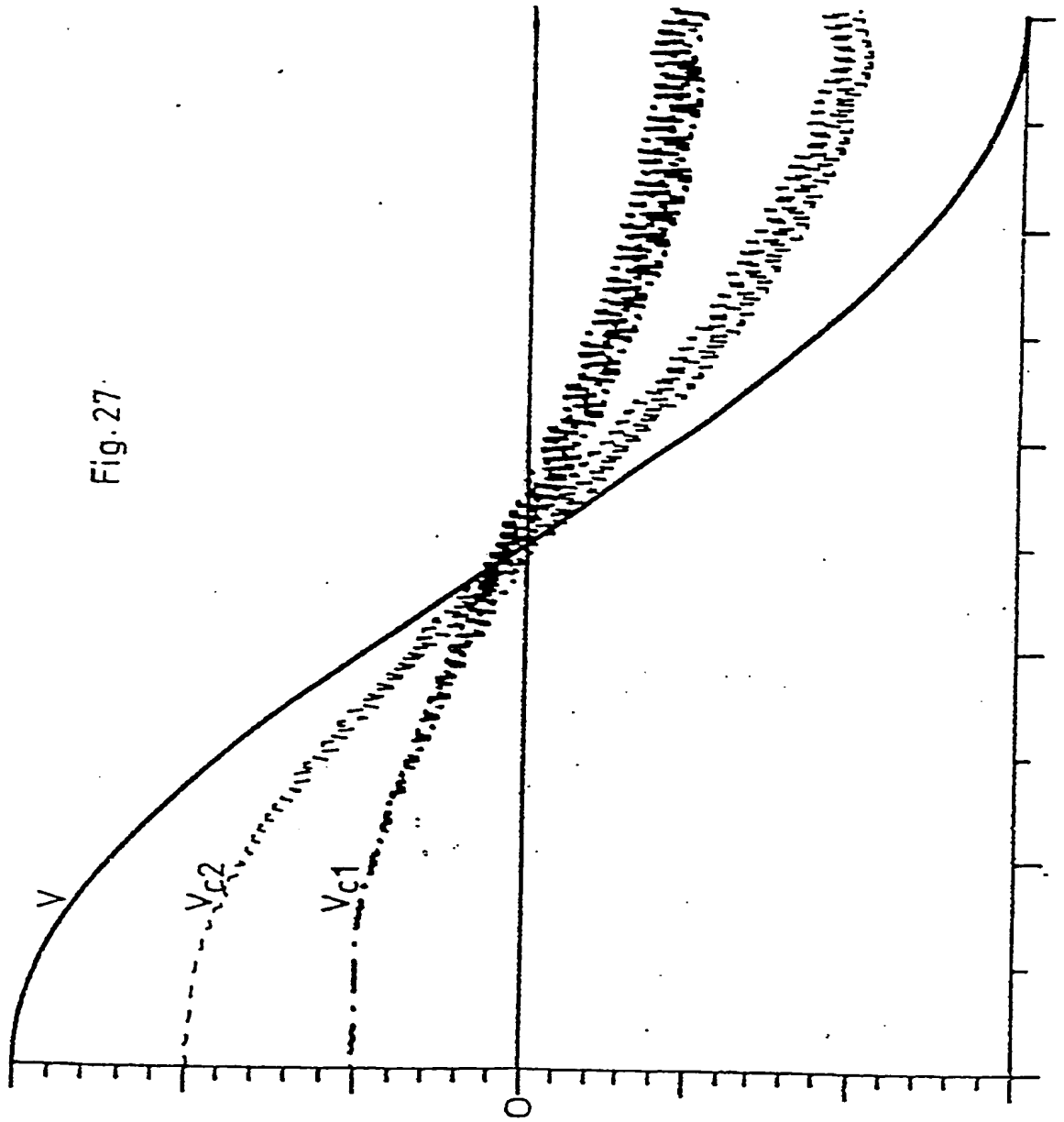


Fig. 26

Fig. 27



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**